



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

JAMES RAFAEL ULISSES DOS SANTOS

**ANÁLISE INTEGRADA DA VULNERABILIDADE EROSIVA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS (ES)**

**VITÓRIA
2016**

JAMES RAFAEL ULISSES DOS SANTOS

**ANÁLISE INTEGRADA DA VULNERABILIDADE EROSIVA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS (ES)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia na área de Dinâmica dos Territórios e da Natureza.

Orientador: Profº. Drº. Eberval Marchioro

**VITÓRIA
2016**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S237a Santos, James Rafael Ulisses dos, 1986-
Análise integrada da vulnerabilidade erosiva da bacia
hidrográfica do Rio Duas Bocas (ES) / James Rafael Ulisses dos
Santos. – 2016.
178 f. : il.

Orientador: Eberval Marchioro.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Ecologia das paisagens. 2. Erosão. 3. Bacias hidrográficas.
I. Marchioro, Eberval. II. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

“ANÁLISE INTEGRADA DA VULNERABILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS (ES).”

JAMES RAFAEL ULISSES DOS SANTOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

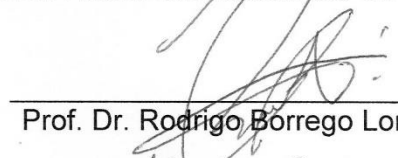
Aprovada em 11 de Julho de 2016.



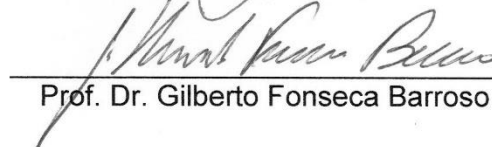
Prof. Dr. Eberval Marchioro – Orientador – UFES



Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho – UFES



Prof. Dr. Rodrigo Borrego Lorena – UFES



Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso – UFF



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus meu criador, e a todas as pessoas que contribuíram para a elaboração desse trabalho, especialmente:

A minha família, minha mãe Graciete dos Santos, meu pai Luís Ulisses dos Santos, a minha irmã Leisyane Aparecida Ulisses dos Santos, meu cunhado Ângelo Washington dos Santos, aos meus sobrinhos Anthonny Washington dos Santos, Lara Sophia dos Santos e a minha avó Maria Nazaré dos Santos pelo carinho, pelas ajudas financeira e por acreditar na minha capacidade de desenvolver esse trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, da Universidade Federal do Espírito Santos – UFES, especialmente a Jacqueline Albino, Antônio Celso de Oliveira Goulart, Luís Carlos Tosta dos Reis e Dieter Muehe.

Ao professor André Luiz Nascentes Coelho, pelos ensinamentos na disciplina de SIG e suporte nos momentos de desespero, como na elaboração dos produtos cartográficos e das contribuições feitas no exame de qualificação, que sem dúvida, foram de grande relevância para a conclusão desse trabalho.

Aos professores Rodrigo Borrego Lorena e Gilberto Fonseca Barroso, pelos comentários e valiosas sugestões durante o exame de quantificação, o que possibilitou uma melhor análise e sistematização dos dados.

Ao meu orientador, professor Eberval Marchioro, por ter aceitado o desafio da orientação, pela paciência, e amizade construída e, principalmente, pelos ensinamentos e conselhos nos momentos mais críticos da pesquisa.

A Edilsa Oliveira dos Santos, geógrafa, minha companheira e dona do meu coração, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos me aconselhando, brigando as vezes, mas dando-me o suporte necessário para que eu pudesse continuar nessa árdua luta.

Aos meus colegas e amigos: Fabrício Holanda do Nascimento pelos auxílios nos SIG's, Rafael Justino, Rafael Monteiro, Josimar Monteiro, Francismar Cunha Ferreira, Rose Leão, Kédma Andrade, Diego Leandro, Ezequias de Souza Silva, Miriam Lacerda, Lorena Aranha, Thatyane Nascimento, Wallace Cupertino, Juliana Frechiani,

Douglas Bonella, Renan Baptista César. A todos os colegas que fazem parte do Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais – Lamosa.

A mestra Rosilene Bermont Filetti pelos conselhos e principalmente pela grande amizade construída, ao parceiro Juan Felipe Barrios Lopez pela amizade, descontrações e suporte nos levantamentos de campo, Wesley de Souza Campos Correa, mestre, amigo e parceiro que conheci antes mesmo de ingressar no mestrado e que me incentivou a prestar o processo seletivo no PPGG/UFES, Daniel Bulhões Muniz pelo companheirismo, dicas, conselhos e força nos momentos difíceis.

Ao meu amigo Rafael Henrique Meneghelli Fafá Borges pela grande e relevante ajuda no SIG, principalmente no manuseio das ferramentas do software ArcGis, que foram essenciais para a elaboração dos mapas desse estudo.

A Maria Hortência Receputi pela paciência, atenção e inestimável ajuda na aquisição das fotografias área de 1970. A Cláudia de Souza Almeida pela parceria na elaboração e classificação do uso e cobertura da terra de 1970.

As secretárias do PPGG, Izadora Ramos e Luciana Cruz pelo compromisso, dedicação, conversas descontraídas e, sobretudo, pela amizade ao longo desses quase dois anos e meio de mestrado. Ao pessoal da limpeza, que proporcionam um ambiente agradável para a realização das nossas atividades; mesmo que para muitas pessoas vocês passem despercebidos, “seres invisíveis”, para mim, são como a tinta utilizada para pintar uma paisagem.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Espírito Santo – FAPES pela concessão da bolsa de mestrado. Ao projeto intitulado: “Ecohidrologia e Gestão Integrada de Recursos Hídricos do Contínuo Flúvio- Estuarino do Rio Santa Maria da Vitória (ES), coordenado pelo Profº Drº Gilberto Fonseca Barroso.

A todas as pessoas que não citei aqui, mas que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Dedico essa dissertação de mestrado ao meu avô Alcênio Antônio dos Santos (*in memoriam*) pelos ensinamentos, pelas boas conversas descontraídas e, acima de tudo, por ter sido meu melhor amigo. Agradeço também a minha mãe Graciete dos Santos, pelo amor dedicado, pela paciência, confiança e por ser uma das únicas pessoas que um dia acreditou que eu poderia chegar até aqui. Ela, com sua garra e coragem que tem de enfrentar os entreviros que a vida impõe, é minha maior fonte de inspiração.

“A paisagem nasce quando um olhar percorre um território. Ao mesmo tempo objeto material e sujeito de representação. Ela é, em essência, um produto de interface entre natureza e a sociedade. Ela é a expressão do trabalho das sociedades humanas sobre a natureza, ao mesmo tempo com e contra esta última. A paisagem então não é apreendida fora de sua dimensão histórica e de seu valor patrimonial. Ela tornou-se um ponto de encontro interdisciplinar privilegiado, em particular entre historiadores e geógrafos” (BERTRAND, 2007, p.191).

RESUMO

Este estudo teve como finalidade analisar a vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, localizada entre os municípios de Santa Leopoldina e Cariacica, no Estado do Espírito – Brasil, por meio de uma análise integrada da paisagem. A análise integrada levou em consideração os elementos naturais e antrópicos que compõem a paisagem, sendo-os: declividade, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade. Como objetivos foram verificadas as mudanças no uso e cobertura da terra nos anos de 1970, 2008 e 2012 e a vulnerabilidade erosiva de 1970, 2008, 2012 e 2013, que resultou em transformações na paisagem. Como recursos metodológicos foi realizado levantamento bibliográfico sobre o tema, aquisição de dados cartográficos como fotografias e imagens aéreas, dados vetoriais e matriciais. O método adotado para a modelagem da vulnerabilidade erosiva foi o da fragilidade ambiental proposto por Ross (1994) e Amaral e Ross (2009), tendo por base o conceito de ecodinâmica de Tricart (1977). Como resultados verificou-se que a classe de uso e cobertura da terra de Mata Nativa apresentou um crescimento gradativo de 1970 a 2012, devido, principalmente, a sua regeneração em áreas antes ocupadas por Macega e Pastagem, sendo que, essa regeneração ocorreu, principalmente, na área delimitada pela REBIO de Duas Bocas. A classe de cultivo agrícola de Banana teve um leve aumento, ocorrendo, sobretudo, na parte central da área, já a classe de Edificações deteve um pequeno aumento no seu percentual, devido principalmente, o processo de expansão urbana correr fora do perímetro da bacia. O ano de 1970 apresentou uma predominância das classes de vulnerabilidade erosiva de baixa e muito baixa a jusante, e média e alta nas porções central e montante. Para o ano de 2008 as classes de vulnerabilidade apresentaram-se muito baixa e baixa a jusante, já as classes média e alta ocorreram nas porções central e montante. Em 2012 as classes baixa e média se sobressaíram a jusante, e prevalecendo as classes e média e alta na porção central, e a montante a classes média. Contudo, 2013 foi o ano que apresentou os maiores percentuais de vulnerabilidade nas classes média e alta, com exceção para a jusante, na parte que compreende a planície fluvial, que apresentou classe baixa. Dessa forma, verificou-se que com o cruzamento das variáveis declividade, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade foi possível determinar as mudanças que ocorre na bacia quanto ao percentual de vulnerabilidade erosiva.

Palavras-Chave: Ecologia das Paisagens; Erosão; Bacias Hidrográficas.

ABSTRACT

This study aims to analyze the erosive vulnerability of the river Duas Bocas basin, located amid the municipalities of Santa Leopoldina and Cariacica, Espírito Santo state - Brazil, through an integrated landscape analysis. The integrated analysis considered the natural and human elements that make up the landscape, namely: slope, soils, land use and cover and rainfall. The objectives were to check the changes in land use and cover in the years 1970, 2008 and 2012 and the erosive vulnerability in the years 1970, 2008, 2012 and 2013, which resulted in changes in the landscape. The methodology consisted of bibliographical research on the subject and acquisition of cartographic data (such as photographs, aerial images, vector and raster data). The method adopted for modeling the erosive vulnerability was the environmental fragility proposed by Ross (1994) and Amaral & Ross (2009), based on the concept of ecodynamics by Tricart (1977). It was found that the Native Forest class of land use and cover has gradually grown from 1970 to 2012, due mainly to the regeneration in areas previously occupied by Macega (undergrowth) and grazing areas – this regeneration was mainly in the area bounded by REBIO (Biological Reservation) Duas Bocas. The Banana farming class had a slight increase, occurring mainly in the central part of the study area. The Urban Area had a small increase in its percentage due to the city growth process occurring outside the perimeter of the basin. The years 1970 and 2008 showed a prevalence of erosive vulnerability classes of low and very low downstream, and medium and high classes at the central and upstream sectors. In 2012 the lower and middle classes stood out downstream, with middle and high classes prevailing in the central portion and medium class at the upstream. On the other hand, 2013 was the year that had the highest percentage of medium and high vulnerability, except for the downstream sector, comprising the fluvial plain, which showed low vulnerability. Thus, it was found that with the cross-evaluation of slope, soils, use and land cover and rain variables was possible to determine the changes that occur in the basin, with the percentage of erosive vulnerability.

Keywords: Ecology of Landscapes; Erosion; Watersheds.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Fórmula para o cálculo da vulnerabilidade erosiva	83
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da bacia hidrográfica do rio duas bocas, localizada entre os municípios de Santa Leopoldina e Cariacica, Estado do Espírito Santo, Brasil	6
Figura 2 - Modelo representativo e esquemático de um geossistema	11
Figura 3 - Modelo representativo de uma bacia hidrográfica.....	13
Figura 4 - Vista da represa de Duas Bocas, localizada dentro da REBIO.....	34
Figura 5 - Espelho d'água da represa de Duas Bocas, próximo a desembocadura do córrego Pau Amarelo	34
Figura 6 - Mapa da normal climatológica (distribuição da chuva anual de 1983 a 2013) da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	38
Figura 7 - Distribuição média mensal de chuva da normal climatológica (1983-2013), da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	39
Figura 8 - Mapa da geologia da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	42
Figura 9 - Mapa das unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	45
Figura 10 - Mapa das classes de solos da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas.....	48
Figura 11 - Mapa da Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	51
Figura 12 - Fluxograma com as etapas de desenvolvimento da pesquisa	55
Figura 13 - Fotografias aéreas da década de 1970, utilizada para fazer o uso e cobertura da terra de 1970	59
Figura 14 - Carta-Imagem Aérea dos anos 2007/2008, utilizada para fazer o uso e cobertura da terra de 2008	60
Figura 15 - Carta-Imagem Aérea de 2012, utilizada para fazer o uso e cobertura da terra de 2012	61
Figura 16 - - Mapa localizando os pontos amostrais das visitas de campo na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	63
Figura 17 - Mapa com a espacialização dos pontos das estações meteorológicas ..	65
Figura 18 Distribuição total da chuva do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	70
Figura 19 - Distribuição total de chuva de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	72

Figura 20 - Mapa das classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	78
Figura 21 - Perfil topográfico da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, traçado de jusante a montante.....	79
Figura 22 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	80
Figura 23 - Camadas com as variáveis utilizadas para o cálculo da modelagem da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	85
Figura 24 - Porcentagens das classes de uso e cobertura da terra do ano de 1970	87
Figura 25 - Mapa das classes de Uso e cobertura da terra do ano de 1970 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	90
Figura 26 - Gráfico com as porcentagens da vulnerabilidade erosiva do no de 1970	93
Figura 27 - Mapa com as classes de vulnerabilidade erosiva do ano de 1970 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	94
Figura 28 - Porcentagens das classes do Uso e Cobertura da Terra da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas do ano de 2008.....	96
Figura 29 - Mapa das classes de uso e cobertura da terra do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	98
Figura 30 - Representação das porcentagens da vulnerabilidade erosiva da bacia do rio Duas Bocas, de 2008	100
Figura 31 - Mapa síntese da vulnerabilidade erosiva do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	102
Figura 32 - Mapas da vulnerabilidade erosiva de 2008, com os dois cenários alternativos comparativos. No cenário 1, a modelagem foi realizada tendo como variáveis: a declividade, as classes de solos, as classes de uso e cobertura da terra de 2008 e para a pluviosidade foram utilizados os dados da normal climatológica (1983-2013). Já com relação ao cenário 2, as três primeiras variáveis foram as mesmas, com exceção da pluviosidade, sendo os dados de chuva, do ano de 2008	104
Figura 33 - Gráfico com as porcentagens do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas do ano de 2012.....	108
Figura 34 - Vista de uma propriedade rural dentro da bacia hidrográfica de Duas Bocas, apresentando como aspectos naturais, relevo ondulado, cobertura pedológica	

de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO E LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associado aos ARGISSOLOS, e tendo como classes de uso da terra, a Pastagem.	109
Figura 35 – 35 A. Vertente ocupada em parte com Mata Nativa, principalmente no segmento superior (topo), e nos segmentos central e inferior ocupada pelo cultivo agrícola de Banana. 35 B. Cultivo agrícola de Banana as margens da ES -060 que corta a bacia, e ao fundo mata nativa em relevo forte ondulado e montanhoso. 35 C. Planície de inundação do rio Duas Bocas com obras de terraplenagem para construção de uma estrada pavimentada, nessa porção as classes de terra predominantes são pastagem e brejo. 35 D. Máquinas trabalhando na terraplenagem na construção da pavimentação asfáltica da via terrestre.....	110
Figura 36 - Mapas de Uso e Cobertura da Terra de 2012 com fotografias de diversos cenários da BHRDB, caracterizando as diferentes paisagens	111
Figura 37 - Mapa das classes de uso e cobertura da terra do ano de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	113
Figura 38 - Gráfico com as porcentagens da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas do ano de 2012.....	115
Figura 39 - Mapa das classes de vulnerabilidade do ano de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	117
Figura 40 - Mapas dos cenários alternativos da vulnerabilidade erosiva de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas. No cenário 1, a modelagem foi realizada com as variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra de 2012 e os dados de chuva da normal climatológica (1983-2013). No cenário 2, as variáveis declividade, solos e uso e cobertura da terra foram as mesmas do cenário, exceto os dados de chuva, foram referentes ao ano de 2012	120
Figura 41 - Mapa do índice pluviométrico de 2013 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	123
Figura 42 - Porcentagem da vulnerabilidade erosiva de 2013 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	125
Figura 43 - Mapa das classes de vulnerabilidade do ano de 2013 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	126

Figura 44 - Vertente íngreme ocupada por pastagem e com presença de CAMBISSOLO HÁPLICO, classe de solo com elevado potencial de suscetibilidade erosiva.....	128
Figura 45 - Vertente mostra o contraste na paisagem quando ao uso e cobertura da terra na bacia do rio Duas Bocas	130
Figura 46 -Vista de propriedades rurais na bacia de Duas Bocas destinadas a criação de gado	131
Figura 47 - Plantio agrícola de banana em uma vertente íngreme na área de estudo	132
Figura 48 - Vertente na bacia do rio Duas Bocas, ocupada com cultivo agrícola de Banana e com o topo coberto com Mata Nativa, caracterizando-se assim, como Área de Preservação Permanente (APP)	135
Figura 49 - Vista um fragmento da paisagem com presença de Mata Nativa e parte da represa dentro da Reserva Biológica de Duas Bocas (REBIO).....	136
Figura 50 - Mapas com as transformações nas classes de vulnerabilidade dos anos de 1970,2008,2012 e 2013, da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas	138

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Água
APA – Área de Proteção Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
BHRDB – Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas
CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FF – Frentes Frias
FOD - Floresta Ombrófila Densa
GEOBASES – Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Espírito Santo
IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves
INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
IP – Influência da pluviosidade
LAMOSA – Laboratório de Análise e Monitoramento de Sistemas Ambientais
LI - Linhas de Instabilidades
MDE – Modelo Digital de Elevação
PI – Plano de Informação
REBIO – Reserva Biológica de Duas Bocas
RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória
SF - Sistemas Frontais
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
UTM – Universal Transversa de Mercator
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCOU - Zona de Convergência de Umidade

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Alguns afeitos da ação do homem sobre os solos	22
Quadro 2 - Histórico evolutivo da criação da Reserva Biológica de Duas Bocas (REBIO) e da Represa	33
Quadro 3 - Base de dados cartográfico levantados para a realização da pesquisa..	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de análise da vulnerabilidade à erosão dos solos e seus atributos.	25
Tabela 2 - Categorias morfodinâmicas do balanço pedogênese/morfogênese.....	26
Tabela 3 - Representando com a proposta metodológica Relação entre os conceitos relacionados aos ambientes naturais e antropizados definidos por ROSS (1994) e TRICART (1977).	27
Tabela 4 - Coordenadas das estações e dos anos da série histórica de dados de chuva fornecidos pela ANA, necessários para elaboração da normal climatológica da área de estudo.....	67
Tabela 5 - Coordenadas das estações e dos anos da série histórica de dados de chuva fornecidos pelo INCAPER, necessários para elaboração da normal climatológica da área de estudo	67
Tabela 6 - Padronização dos totais pluviométricos dos quatro anos estudados	73
Tabela 7 - Níveis de vulnerabilidade das classes de solos	75
Tabela 8 - Classificação hierárquica dos solos da área de estudo com as classes de vulnerabilidade, textura e formas de relevo, determinados por Ross (1994), para os solos suscetíveis a erosão	76
Tabela 9 - Categorias hierárquicas da vulnerabilidade e porcentagem das classes de declividade	77
Tabela 10 - Classe de uso e cobertura da terra e os respectivos pesos atribuídos que determinam a influência na vulnerabilidade à erosão dos solos	82
Tabela 11 - Classes de uso e cobertura da terra do ano de 1970, com suas respectivas áreas em km ² , ha e as porcentagens	87
Tabela 12 - Classes e porcentagens da vulnerabilidade erosiva da área de estudo do ano de 1970	92
Tabela 13 - Área em km ² , em hectare e a porcentagem das classes de uso e cobertura da terra de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, com destaque para as três maiores classes.....	95
Tabela 14 - Níveis e porcentagem da vulnerabilidade erosiva do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio duas Bocas	99

Tabela 15 - Porcentagens das classes de vulnerabilidade erosiva de 2008 em dois cenários, no primeiro em função do ritmo de chuva da normal climatológica e o segundo a chuva do ano em análise.....	103
Tabela 16 - Área em km ² em hectare e a porcentagem das classes de uso e cobertura da terra de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas.....	107
Tabela 17 - Níveis e porcentagem da vulnerabilidade erosiva do ano de 2012 da bacia hidrográfica do rio duas Bocas	114
Tabela 18 - Porcentagens das classes de vulnerabilidade erosiva de 2012 em dois cenários, no primeiro em função do ritmo de chuva da normal climatológica e o segundo a chuva do ano em análise.....	118
Tabela 19 - Classes de e porcentagens da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas no ano de 2013.....	124
Tabela 20 - Representação das mudanças que ocorreram na área de estudo quanto a vulnerabilidade erosiva dos anos de 1970, 2008, 2012 e 2013, sendo observadas as classes de vulnerabilidade e a porcentagem referente a cada ano.....	133

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	5
1.1.1 Objetivo Geral	5
1.1.2 Objetivos Específicos.....	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL.....	7
2.1 ANÁLISE INTEGRADA DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM	7
2.2 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	11
2.3 PROCESSOS EROSIVOS	15
2.3.1 A Função da Cobertura Vegetal no Estudo dos Processos Erosivos	19
2.3.2 Intervenções Antrópicas como Vetor de Aceleração dos Processos Erosivos	21
2.4 FRAGILIDADE/VULNERABILIDADE AMBIENTAL	24
3. ÁREA DE ESTUDO	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 PLUVIOSIDADE.....	37
3.3 GEOLOGIA.....	41
3.4 GEOMORFOLOGIA	44
3.5 PEDOLOGIA	47
3.6 HIDROGRAFIA	50
4. MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1 PRIMEIRO NÍVEL: COMPILATÓRIO	52
4.2 SEGUNDO NÍVEL: CORRELATÓRIO	52
4.3 TERCEIRO NÍVEL: SEMÂNTICO.....	53
4.4 QUARTO NÍVEL: NORMATIVO.....	53
4.5 LEVANTAMENTO DOS MATERIAIS BIBLIOGRÁFICOS E CARTOGRÁFICOS NECESSÁRIOS PARA A ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS.....	56
4.6 LEVANTAMENTOS DE CAMPO COMO SUPORTE PARA A VALIDAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS – ES	62

4.7 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS EM AMBIENTE DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIG’S.	66
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
5.1 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS.....	86
5.1.1 VULNERABILIDADE EROSIVA DE 1970.....	86
5.1.1.1 Uso e Cobertura da Terra.....	86
5.1.1.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva.....	91
5.1.2 VULNERABILIDADE EROSIVA DE 2008.....	95
5.1.2.1 Uso e Cobertura da Terra.....	95
5.1.2.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva.....	99
5.1.2.3 Comparativo da Vulnerabilidade Erosiva de 2008 em função da Normal Climatológica.....	103
5.1.3 VULNERABILIDADE EROSIVA DE 2012	106
5.1.3.1 Uso e Cobertura da Terra.....	106
5.1.3.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva.....	114
5.1.3.3 Comparativo da Vulnerabilidade Erosiva de 2012 em função da Normal Climatológica.....	118
5.1.4 VULNERABILIDADE EROSIVA DE 2013.....	121
5.1.4.1 Influência dos Totais Pluviométricos Acumulados.....	121
5.1.4.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva.....	124
5.1.5 Síntese Comparativa das Transformações ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas com relação a Vulnerabilidade Erosiva dos Anos Estudados	133
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
REFERÊNCIAS.....	143

1. INTRODUÇÃO

A análise integrada em bacia hidrográfica tem a função de compreender a interrelação existente entre os elementos naturais e antrópicos que compõem uma dada paisagem, a exemplo da geologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia, declividade, uso e cobertura da terra e pluviosidade. Desse modo, para estudar de forma conjunta os elementos que constituem a paisagem é indispensável analisar a dinâmica do arranjo espacial dos ambientes naturais na interação com as ações humanas (CRUZ, et al., 2010; SANTOS et al., 2015).

Nesse sentido, uma ferramenta essencial utilizada tanto por parte do poder público como pelo meio acadêmico, para fins de gestão e ordenamento dos ambientes naturais e antropizados visando o planejamento territorial, é o mapeamento da vulnerabilidade erosiva, principalmente em bacias hidrográficas. Visto que, os mapas são elaborados em ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), cruzando as variáveis naturais e antrópicas, para assim, determinar as áreas vulneráveis e a predisposição da paisagem quanto a ocorrência de processos erosivos (CARMO, et al., 2011; SANTOS et al., 2015).

Os fatores naturais e humanos quando estudados na perspectiva da análise integrada, possibilitam uma melhor e mais eficiente compreensão das áreas com potencialidade ao desenvolvimento de erosão em escala de bacia hidrográfica, que nesse caso, tem levado gestores e pesquisadores de várias áreas do conhecimento a desenvolver estudos e medidas eficazes no âmbito de estabelecer metas e diretrizes quanto ao uso racional dos recursos existentes em uma bacia hidrográfica.

Dentre os diversos problemas de degradação ambiental encontrados em bacias hidrográficas, destacam-se: a exaustão dos solos, em função do intenso uso com os sistemas agropastoris, que na maioria dos casos, são adotadas sem práticas de manejo adequadas; a supressão da vegetação natural, principalmente das matas ciliares nas margens de açudes, lagoas, córregos e rios, o que contribui para os processos erosivos e conseqüentemente ao assoreamento de rios e reservatórios.

Por outro lado, nos últimos anos um dos processos que tem acarretado modificações ao meio ambiente natural é a expansão urbana, não só no âmbito de bacias hidrográficas, como também de Reservas Biológicas como a de Duas Bocas. No entanto, esse processo urbano não teve grandes avanços sobre a área de estudo, visto que, essa tem por objetivo a preservação integral da biota e dos demais elementos naturais que existem em seu entorno, sem tem influência direta das ações antrópicas ou mudanças no quadro ambiental, com exceção para as medidas de recuperação dos ecossistemas que sofreram modificações, além da adoção de medidas de manejo essenciais para a recuperação e preservação do equilíbrio natural, bem como a diversidade biológica e dos fatores ecológicos naturais (SNUC, 2004).

Com relação as Áreas de Proteção Ambiental (APA), elas apresentam uma certa abertura para o desenvolvimento de ações humanas, desde que estas ações sejam exercidas de forma que visa a sustentabilidade, que de acordo com o Snuc (2004), uma APA é caracterizada como:

A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (SNUC, 2004, p.16).

Já por outro lado, de acordo com o novo código florestal em razão da lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 as Áreas de Preservação Permanente (APP) que caracterizam a Bacia Hidrográfica de Duas Bocas como correspondem:

a topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive (BRASIL, 2012).

Com relação ao sistema agropecuário adotados em termos mundiais, muitas vezes, os plantios são desenvolvidos sem nenhuma técnica de uso e manejo adequado, o que evidencia problemas com erosão dos solos, contribuindo para a geração de custos da ordem de milhões de dólares. Como salientado por Uri e Lewis (1998) e

Pimental et al. (1993), nos EUA os gastos são da ordem de 30 a 40 bilhões de dólares anuais. Na ilha da Indonésia, segundo MAGRATH e ARENS (1989), os custos atingem a cifra dos 40 milhões de dólares por ano, enquanto no Reino Unido os custos são estimados em cerca de 90 milhões de euros anuais (ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002).

Entretanto, embora a erosão do solo seja um processo físico com consideráveis variações globais em termos de intensidade e frequência, as condições (onde e quando) para que a erosão hídrica ocorra são fortemente influenciadas pelos fatores sociais, econômicos, políticos e institucionais (MORGAN, 2005). Nesse sentido, Young (1989) evidenciou que, sob condições naturais, como a taxa anual de perda de solo pela erosão em nível mundial, tanto em relevo moderado, como em relevo dissecado tem sido alta, custos para a recuperação das terras elevam-se a cada ano.

A perda de solo por meio da erosão é apontada como um dos maiores e mais preocupantes problemas ambientais, vindo a contribuir para a diminuição da produtividade agrícola que, dessa forma, passa a aumentar os custos de produção, reduzindo, consequentemente, o lucro da lavoura. Assim, atrelado a outros danos de maneira conjunta, a perda do solo por meio da erosão determinará a qualidade de vida humana na Terra (COGO et al., 2004; VALE JÚNIOR et al., 2009).

O Brasil tem apresentado sinais evidentes, em diversas áreas, de acelerado processo erosivo, mas ainda dispondo de uma boa produtividade agrícola para atender a demanda da sociedade, principalmente devido a grande quantidade de terras existentes ainda para serem exploradas. Mas com os avanços descontrolados do sistema agropecuário sobre novas fronteiras agrícolas, os terrenos têm apresentado indícios de processos erosivos (LEPSCH, 2011).

Na atualidade tem sido praticamente impossível se falar em planejar, projetar ou manter medidas de conservação e controle das bacias hidrográficas, sem envolver-se diretamente com os processos relacionados à erosão, mesmo que muitos avanços no decorrer das últimas décadas tenham sido de grande relevância no que concerne às pesquisas em erosão, transporte e deposição de sedimentos (FENDRICH et al, 1997).

Na região sudeste do Brasil, mais precisamente no Estado do Espírito Santo, ainda é possível identificar áreas com fragmentos de vegetação conservada (Mata Atlântica),

estas que ao longo das décadas foram sendo substituídas para dar lugar aos cultivos agrícolas de café, banana, as pastagens para a criação de gado leiteiro e de corte, e, mais recentemente, ao plantio de eucalipto, com exceção das áreas de relevo muito dissecado com presença de solos suscetíveis aos processos erosivos, como os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (LEPSCH, 2011).

Contudo, a análise da vulnerabilidade erosiva em bacia hidrográfica, passou a ser estudada ao longo dos anos com mais intensidade, em decorrência da ausência de práticas adequadas de manejo quanto ao uso das terras agropastoris; fato que vem contribuindo para o desencadeamento de uma série de problemas no âmbito das bacias hidrográficas. Isso ocorre, principalmente, devido a existência de solos suscetíveis a erosão, que com as atividades inadequadas do homem, agindo como protagonista, tem intensificado a degradação das terras agricultáveis. Essas ações ocorrem, na maioria dos casos, por falta de conhecimento técnico básico por parte dos proprietários das terras.

Para tanto, por meio da análise integrada das variáveis naturais e antrópicas que compõem a paisagem, estudou-se as áreas com potencial de vulnerabilidade erosiva na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES) (Figura 1), levando em consideração os seguintes elementos: naturais (declividade, solos e pluviosidade) e antrópicos (uso e cobertura da terra), visando a gestão e o planejamento ambiental.

1.1 OBJETIVOS

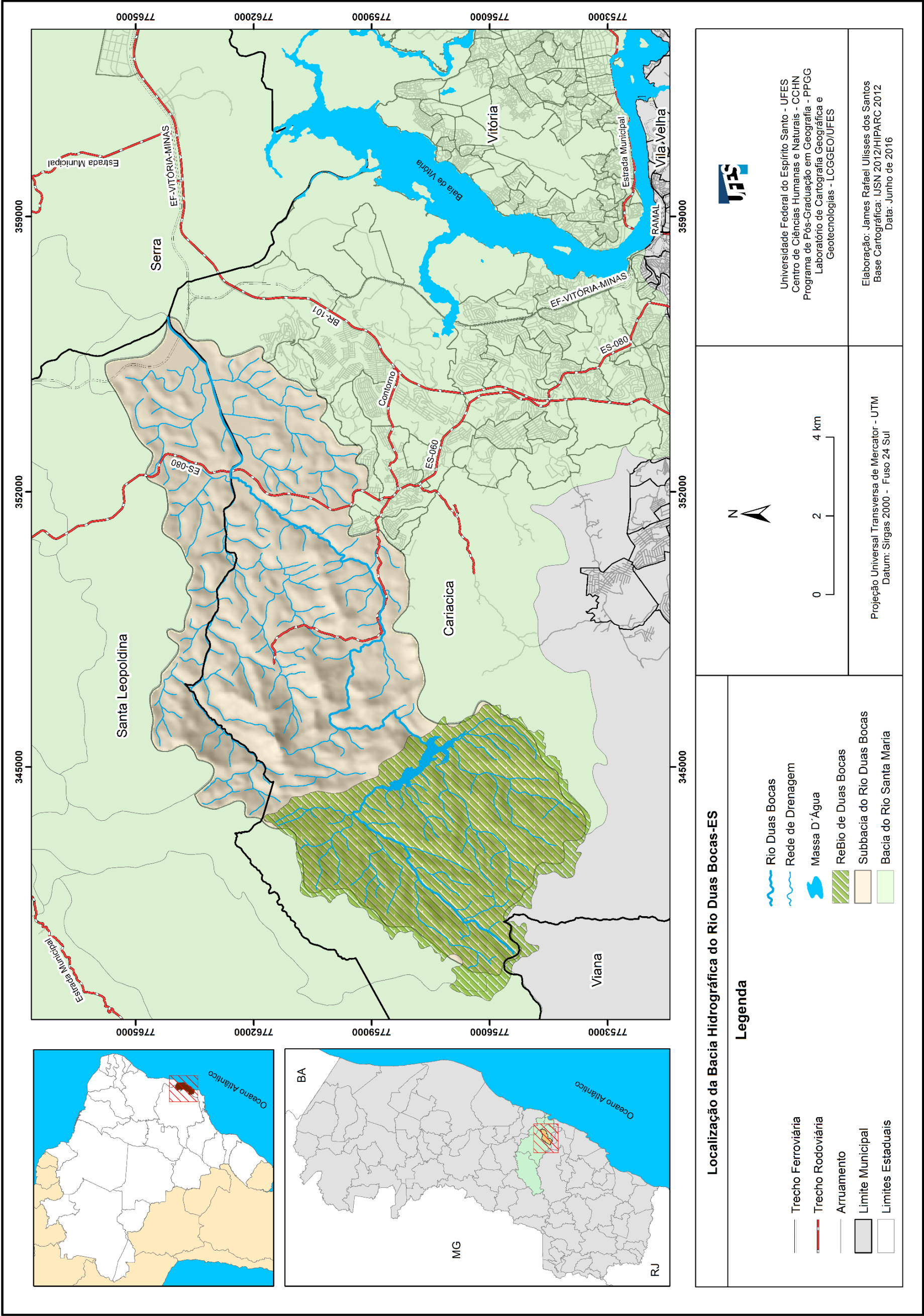
1.1.1 Objetivo Geral

Analisar, a partir de uma perspectiva integrada, a vulnerabilidade erosiva na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES), levando em consideração os elementos naturais e antrópicos da paisagem.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as transformações no uso e cobertura da terra para os anos de 1970, 2008 e 2012 na área de estudo;
- Avaliar como os diferentes tipos de uso e cobertura da terra contribuem para o aumento da vulnerabilidade erosiva.
- Analisar as transformações da vulnerabilidade erosiva nos anos de 1970, 2008, 2012 e 2013, como subsídio ao planejamento ambiental na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas.

Figura 1 - Mapa da bacia hidrográfica do rio duas bocas, localizada entre os municípios de Santa Leopoldina e Cariacica, Estado do Espírito Santo, Brasil



2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL

Nessa etapa são abordados os temas conceituais e teóricos referentes ao desenvolvimento do estudo, que trata da vulnerabilidade aos processos erosivos em bacias hidrográficas, analisando de forma integrada os elementos que compõem a paisagem e visando o planejamento ambiental na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas.

2.1 ANÁLISE INTEGRADA DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM

O termo paisagem tem seu emprego correlacionado a palavra italiana *paesaggio*, que representava pinturas com enfoque na natureza, no período da renascença, significando “o que se vê no espaço”, “aquilo que o olhar abrange... em um golpe de vista”, “o campo de visão” (CHRISTOFOLETTI, 1999). Nesse sentido, a paisagem é, portanto, “uma aparência e uma representação, um arranjo de objetos visíveis pelo sujeito por meio de seus próprios filtros, humores e fins” (BRUNET, FERRAS E THÉRY, 1991 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para Sauer (1998), a denominação “paisagem” apresenta-se para definir o conceito de unidade da geografia, caracterizando-se de forma intrínseca e associativa aos fatos geográficos. Sendo definida como uma área composta por uma integração diversificada de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais. Com isso, toda paisagem é composta, formada de elementos geográficos interconectados. Esses elementos são subdivididos em domínios, como: os naturais, abióticos (que englobam o substrato rochoso), o clima, os recursos hídricos dentre outros (DOLFUSS, 1973).

Desse modo, outro grupo que corresponde ao domínio vivo, a biosfera constituída por uma gama de comunidades vegetais e animais, consequentemente passa pelas fases do nascimento, do desenvolvimento e por fim se dissipam, tendo como suporte os aspectos naturais abióticos. Os grupos humanos são os atores principais, estando inseridos no domínio natural e transformam, modificam e alteram o domínio vivo. Além disso, é importante ressaltar que boa parte das paisagens da Terra sofre processos de modelagem em função do conjunto desigual dos ambientes frágeis e mutáveis (DOLFUSS, 1973).

Na perspectiva de Sauer (1998, p.29), “O conteúdo da paisagem é encontrado, portanto, nas qualidades físicas da área que são importantes para o homem e nas

formas do seu uso dos aspectos do meio físico e da cultura humana [...]”. A tendência é cada vez maior em se considerar a paisagem como uma “unidade orgânica” e estudá-la no “ritmo temporal e espacial de seus numerosos e diversos fatores” (TROLL, 1997, p.1).

Com isso, a análise da paisagem visa abordar de forma sistêmica e integrada as características dos elementos físicos e antrópicos. Nesse sentido, para Bertrand (1971):

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução [...] (BERTRAND, 1971, p. 141).

Conforme Mendonça (1996) a paisagem, sobretudo na perspectiva conceitual da escola alemã (*landschaft*), não é estendida somente como o meio natural ou dos aspectos físicos do planeta, mas, também, incorporando o homem através de suas ações ao seu conjunto de elementos, compondo desse modo, a chamada “paisagem natural” e a “paisagem humanizada”.

Martinelli e Pedrotti (2001) acrescentam que:

[...] qualquer paisagem, por mais simples que seja, é sempre social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica. Por isso, para sua total apreensão, não basta a análise separada de seus elementos, sendo necessário o entendimento da sua complexidade, em relação a forma, estrutura e função (MARTINELLI, PEDROTTI, 2001, p.41).

Na visão de Rodriguez *et al.* (2007, p. 125) “A ação conjunta dos fatores, componentes e processos no tempo, é uma condição necessária para o efeito na formação e funcionamento da paisagem, ou seja, a gênese da paisagem propriamente dita como fenômeno[...]”.

Um conceito bastante pertinente para a compreensão das ações, organizações e atividades acumulativas exercidas pelo homem ao longo dos tempos, é a de espaço total, sendo considerado como a gênese do espaço e caracterizando-se como um modo total, correspondente a análise do arranjo espacial exercida pelas práticas humanas sobre aspectos oriundos de um espaço angariado da natureza (AB’SÁBER, 2006). Nesse sentido, o conceito de espaço total, é descrito como:

[...] o espaço total é que inclui todo o mosaico dos componentes introduzidos pelo homem – ao longo da história – na paisagem de uma área considerada participante de um determinado território. O termo paisagem é usado aqui como o suporte geoecológico e bioecológico modificado por uma infinidade variável de obras e atividades humanas. (AB´SÁBER, 2006, p.30).

Anteriormente, a denominação de espaço total fazia referência ao termo espaço humanizado, no entanto, de certo modo esse termo não é apresentado de forma incorreta; todavia, trata-se de uma representação muito generalizada e pouco minuciosa. Sem levar em consideração sua origem, o conceito de espaço total, precisaria de um moderno e sistemático aprimoramento em se tratando de sua conceituação (AB´SÁBER, 2006).

Entretanto, a relação entre o homem e a natureza dá-se pela maneira como a sociedade se organiza para aceder e usufruir dos recursos naturais e energéticos fornecidos nas paisagens, sendo que a apropriação das paisagens pelo ser humano ocorre por intermédio das atividades socioeconômicas imperantes, em caráter contemplativa ou materialmente intervencionista, e podendo ser analisada de forma relativamente objetiva (FERREIRA, 2010).

Já na concepção de Troppmair e Galina (2006) “A estrutura, as interrelações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um Geossistema, dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem visto como sistema, como unidade integrada”. Dessa forma, Rodriguez *et al.* (2007), infere que existe uma infinidade de normas para a classificação das paisagens ditas contemporâneas ou antropogênicas, sendo fundamentadas em diversos princípios e em situações múltiplas.

Numa perspectiva geossistêmica, Sotchava (1976), destaca que o objetivo principal da Geografia Física não é estudar os componentes na natureza isoladamente, mas sim, as conexões entre eles, não ficando restrito a morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas expandindo para o estudo de sua dinâmica entre a natureza e o homem.

Para tal entendimento, Mendonça (1996) usou o termo ou método *geossistema*, proposto e conceituado pelo soviético Sotchava em 1962, que partiu do pressuposto, especificamente, dos princípios sistêmicos e da noção de paisagem. Ainda segundo Mendonça (1996):

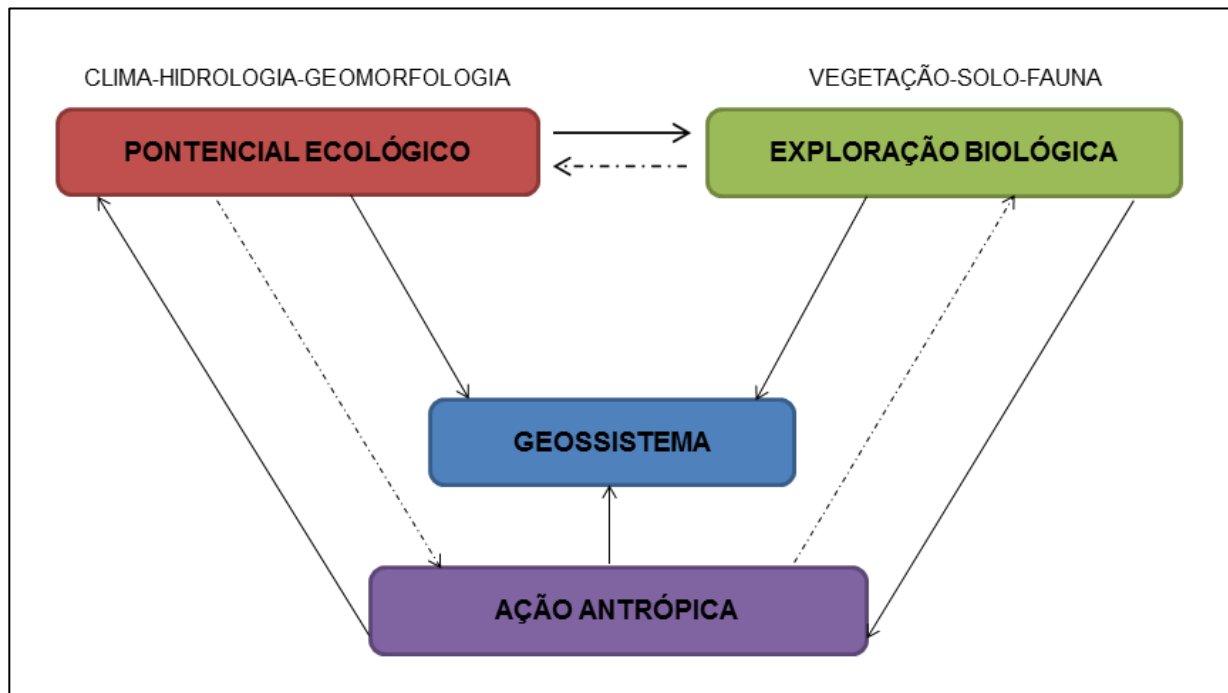
O “Geossistemas e a expressão dos fenômenos naturais, ou seja, o potencial ecológico de determinado espaço no qual há uma exploração biológica, podendo influir fatores sociais e econômicos na estrutura e expressão espacial, porém, sem haver necessariamente, face aos processos dinâmicos, uma homogeneidade interna” (MENDONÇA, 1996, p. 49).

Mendonça (1996) ressalta ainda que o geossistema é compreendido como uma conceituação da epiderme da Terra, onde podem se encontrar diferentes misturas, a saber: litomassa, aeromassa, hidromassa e biomassa. Estando contido no geossistema, encontra-se o ecossistema, e, por se tratar de um termo emprestado da biologia e da ecologia, não corresponde a uma conceituação da natureza, mas sim unicamente do espaço geográfico, quer seja “material”, natural ou “humanizado”.

Segundo Bertrand (1971, 2007), o geossistema “[...] resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitação, temperatura...) e hidrológicos (lençol freáticos epidérmicos e nascentes, *PH* das águas, tempos de ressecamento do solo...) ”.

Tendo como princípio a paisagem natural, Bertrand (1971) subdividiu o geossistema em três subconjuntos, sendo caracterizados em: potencial ecológico, que corresponde ao domínio abiótico, a exploração biológica, representada pelas comunidades vivas e a ação antrópica, que diz respeito a conexão entre os aspectos socioeconômicos e a organização espacial. Assim, os elementos da paisagem evoluem em função da ação dialética dos três subconjuntos (Figura 2), onde cada um possui o seu próprio ritmo evolutivo (DOLFUSS, 1973).

Figura 2 - Modelo representativo e esquemático de um geossistema



Fonte: Adaptado de Bertrand (1971).

O ritmo evolutivo e as mudanças que ocorrem na paisagem em função dos seus elementos são evidenciadas de forma muito evidenciada de um grupo de variáveis para outro, que desse modo, cada grupo pode evoluir de acordo com a escala de temporal particular. Contudo os atributos vegetais e animais sofrem mais rapidamente transformações devido as ações antrópicas do que o potencial ecológico (geologia, geomorfologia, hidrografia, clima dentre outro). Algumas evoluções, de certa maneira, apresentam caráter irreversível e ininterrupto, já outras processam-se em ciclos, e outras ainda por alternâncias de crises letárgica. (DOLFUSS, 1973).

2.2 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Segundo Cunha (2008), as bacias hidrográficas podem ser caracterizadas como importantes unidades de planejamento e gestão, sendo compostas pelas unidades geoambientais, a saber: geologia, geomorfologia, solo, vegetação, hidroclimatológicas e socioeconômicas, etc.

Para Santos (2004), a bacia hidrográfica, na visão de muitos autores, é compreendida como uma unidade de planejamento, sendo um termo de aceitação universal e

tratando-se de um sistema natural bem demarcado no espaço, constituído por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um rio principal e seus afluentes, ocorrendo uma conexão dos componentes físicos da paisagem, de maneira integrada e, sendo assim, mais facilmente analisados.

Nessa perspectiva, reitera Santos (2004, p.85) que “Toda ocorrência de evento em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade”. Nesse sentido, as bacias hidrográficas são descritas como um sistema, da seguinte forma:

As bacias hidrográficas podem ser consideradas sistemas abertos, em termos de *inputs ou outputs* de energia, oriundos da precipitação, e dos outputs, relacionados à água e sedimentos oriundos da erosão fluvial e das encostas existentes no âmbito das bacias (GUERRA e MENDONÇA, 2014, p. 231).

Ross e Prette (1998) abordam que uma bacia hidrográfica, mesmo sendo caracterizada como um sistema natural, tendo a água como o seu principal componente, não se torna automaticamente um exclusivo sistema ambiental, tanto em relação aos atributos físicos (relevo, solos, subsolos, flora e fauna), como antrópicos, considerando as atividades econômicas, políticas e administrativas.

Dessa forma, a bacia hidrográfica se constitui como uma unidade natural básica de planejamento, visto que os agentes integradores das mais variadas formas de uso e manejo têm que ser analisados sobre o ponto de vista sistêmico, onde cada elemento pode ser influenciado ou deixar ser influenciado pelos demais (GUERRA, 2007; BOTELHO e SILVA, 2014; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; COELHO NETTO, 2007).

Em escala de bacias hidrográficas, Rocha et al. (2013) destacam que é factível e mais aceitável o entendimento, tanto dos arranjos e evolução dos fenômenos naturais quanto das ações humanas no ambiente. É importante ressaltar que esta afirmação está associada ao entendimento do equilíbrio hidrológico existente nesse sistema aberto, designado bacia de drenagem (Figura 3).

Figura 3 - Modelo representativo de uma bacia hidrográfica



Fonte: ANA (2015).

Todavia, quando os estudos em bacias hidrográficas são realizados especificamente com ênfase na gestão ambiental, proporciona uma maior análise na diferenciação das características dos parâmetros que integram o sistema hidrológico, como exemplo: solo, água, ar, cobertura vegetação, clima dentre outros. Alguns processos estão diretamente relacionados com os fatores mencionados, a saber: infiltração, escoamento, assoreamento, inundação, erosão e contaminação, que de uma forma mais ampla possibilita analisar o equilíbrio do sistema, bem como a qualidade ambiental existente no seu funcionamento (BOTELHO e SILVA, 2014; ROCHA et al., 2013).

Nesse sentido, Lanna (1997, p.79) aponta que, “Existe a tendência de adotar a bacia hidrográfica como a unidade ideal de planejamento e intervenção, devido ao papel integrador das águas, nos aspectos físico, bioquímico e socioeconômico”. O gerenciamento de bacia hidrográfica é o instrumento norteador das funções do poder público e da sociedade, numa duração não de curto e médio, mas de longo prazo, atuando na adequação dos diferentes tipos de uso dos recursos ambientais, naturais, socioeconômicos e socioculturais, além das práticas inadequadas exercidas pelo

homem, que devem ser repensadas visando uma utilização de maneira sustentável (LANNA, 1997).

Assim, a gestão de recursos hídricos compreende um segmento da gestão do ambiente e preservação dos ecossistemas, sendo um requisito para o desenvolvimento sustentável, devendo ser executada, coordenada e pensada de forma integrada com outras áreas afins, que geralmente afetam ou são afetadas pela forma como são gerenciadas. Ao nível da bacia hidrográfica, diversos atores desenvolvem funções de grande responsabilidade com relação à gestão do meio ambiente natural em conexão com a sociedade, estando atrelados às condições de manutenção desses recursos (CAP-NET, 2008).

Ross e Prette (1998) apresentam que mediante a singularidade atingida pela água enquanto um recurso natural para a sociedade nos dias atuais, a bacia hidrográfica passou a ser analisada, com grande frequência, como um marco no referencial geográfico no subsídio das práticas de planejamento e manejo dos recursos naturais.

Nesse contexto, Santos (2004) expressa que o planejamento ambiental está respaldado na interação e integração dos elementos que constituem os sistemas ambientais, principalmente estabelecendo conexões entre os sistemas ecológicos e as inter-relações da sociedade, além das ações socioculturais e interesses econômicos, com o intuito de acondicionar uma integridade com os elementos constituintes.

Contudo, foi somente a partir da década de 1980, que teve início no Brasil a elaboração dos primeiros estudos e pesquisas relacionados à bacia hidrográfica como unidade de planejamento, tendo a bacia de drenagem um papel crucial no que concerne à evolução do relevo, em função da ação da água como importante agente modelador da paisagem (GUERRA e CUNHA, 2003).

Assim, no que diz respeito ao planejamento e gestão do território em relação aos diversos usos, Pinto e Garcia (2005) enfatizam que:

A ocupação antrópica das terras através de usos múltiplos indica a complexidade e dificuldade na elaboração de propostas para a gestão territorial, tanto em nível local como regional. Em termos específicos do uso da terra, destacam-se, especialmente, os problemas que afetam a agricultura, que têm sido objeto de interesse de instituições e órgãos governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas. (PINTO e GARCIA, 2005, p. 30).

Para tanto, os recursos hídricos são de grande importância como meio de transporte, na geração de energia elétrica, no abastecimento para a população urbana e rural, para as indústrias e irrigação. Além disso, um ponto negativo é que, os rios são utilizados para o lançamento de efluentes domésticos e industriais, muitas vezes *in natura*, ou seja, sem nenhum tratamento prévio. E sendo a bacia hidrográfica vista como uma unidade básica para planejamento e gestão ambiental, a água se notabilizou como o principal recurso natural capaz de promover os meios necessários para o desmembramento dos processos necessários de desenvolvimento local e regional (ROSS e PRETTE, 1998).

2.3 PROCESSOS EROSIVOS

De acordo com Spörl (2007, p.26), “a erosão é um processo natural de degradação, decomposição, transporte de materiais de rochas e solos que vem agindo sobre a superfície terrestre desde seus princípios”. Conforme a referida autora, a ação antrópica sobre a paisagem contribui decisivamente no aumento dos processos erosivos, que, conseqüentemente, ocasiona perda nas taxas de solos férteis, poluição dos mananciais e assoreamento dos cursos d’água e reservatórios, além da diminuição da produtividade dos ecossistemas terrestres e aquáticos. No que concerne aos processos erosivos, Spörl (2007) destaca que:

“Os processos erosivos são condicionados basicamente por alterações do sistema, provocadas pelo uso do solo nas suas várias formas, desde o desmatamento e a agricultura, até obras urbanas e viárias, que de alguma forma, propiciam a concentração das águas de escoamento superficial” (SPÖRL, 2007, p.26).

Para Guerra e Mendonça (2014), a erosão dos solos pode ser compreendida, monitorada e estudada sobre diferentes escalas de análise, como no caso das bacias hidrográficas, tendo em vista que, os solos tem relação direta com o perfil e o gradiente das vertentes, principalmente se for levar em consideração as mudanças que ocorrem nos horizontes dos solos, podendo ter uma grande variação ao longo do comprimento de uma vertente. Esse tipo de análise tem possibilitado compreender a variabilidade existente entre as classes de solos e a geometria das vertentes em escala de bacia hidrográfica.

Nesse sentido, um dos agentes de grande relevância no desenvolvimento dos processos erosivos é a erosividade da chuva, que, em concordância com Mello e Silva

(2013), representa a capacidade da chuva de desenvolver erosão por consequência do impacto direto das gotas sobre a camada superficial do solo, estando diretamente relacionada à energia cinética das gotas e da intensidade da chuva.

Diante disso, Santoro (1991; 2009); Bertoni e Lombardi Neto (2012) afirmam que um dos fatores climáticos que detém a maior capacidade para o desenvolvimento de processos erosivos é a precipitação, mas não depende exclusivamente da quantidade anual de chuva, e sim da distribuição e intensidade das chuvas no decorrer do ano, de forma mais ou menos regular no tempo e no espaço.

Desse modo, a erosão desenvolvida pela ação da água ocorre em função da suscetibilidade ou erodibilidade e da energia da chuva (erosividade), sendo a erodibilidade um agente importante para a erosão hídrica dos solos, tendo se evidenciado como um efeito integrador dos processos que controlam a infiltração de água e a resistência do solo à desagregação e transporte de partículas, desse modo, reportando-se sua capacidade de desenvolvimento de erosão. Além de ser um fator que tem manifestado interesse em pesquisas de erosão, podendo variar de solo para solo e com o tipo de manejo adotado (LAL, 1988; SILVA et al., 2000; VALE JÚNIOR et al., 2009; LEPSCH, 2011)

É importante salientar que a erodibilidade difere da erosão mais pela função da intensidade, num dado recorte espacial da paisagem, em função da declividade, pluviosidade, cobertura vegetal e práticas de manejo, do que pelas propriedades dos solos. Mas algumas classes de solos são erodidas com maior facilidade que outras, mesmo tendo as mesmas declividades, precipitação, cobertura vegetal e práticas de manejo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012).

Entretanto, o primeiro estágio de desenvolvimento dos processos erosivos inicia-se com a ação do efeito *splash*, que se trata do golpeamento das gotas de chuva contra o solo, por meio da energia cinética. Esse processo ocorre tanto pela ruptura dos agregados, quebrando as partículas em tamanhos menores, como pela forma do transporte que o salpico condiciona nas partículas do solo. Outro fator importante do efeito *splash* é o preenchimento dos poros da superfície do solo, selando e diminuindo a porosidade, e com isso condicionando o aumento do escoamento superficial

(GUERRA, 2007; SANTOS et al., 2009; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; SILVA e SCHULZ, 2002; RAMOS et al., 2011; MORGAN, 2005).

Acrescenta Guerra (2007) que o papel do *splash*, com relação à resistência do solo ao impacto das gotas de chuva, ocorre da seguinte forma:

O papel do *splash* varia não só com a resistência do solo ao impacto das gotas de água, mas também com a própria energia cinética das gotas de chuva. Dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer, com maior ou com menor facilidade, a ruptura dos agregados, formando as crostas que provocam a selagem dos solos (GUERRA, 2007. p.18).

Com isso, a ação da energia cinética na determinação da erosividade funciona como um agente propagador dos processos erosivos, e, na perspectiva de Guerra (1991; 2007), é retratada como:

A energia cinética determina a erosividade, que é a habilidade da chuva em causar erosão. A determinação do potencial erosivo depende principalmente dos parâmetros de erosividade e também das características das gotas de chuva, que variam no tempo e no espaço. É bom ressaltar que o vento pode afetar a erosividade, especialmente se a chuva for atingida por ventos violentos (GUERRA, 1991; 2007 p. 19).

Bertoni e Lombardi Neto (2012, p.68) definem a erosão hídrica como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. A erosão do solo constitui, sem dúvida, a principal causa do depauperamento acelerado das terras. Desse modo, a erosão desencadeada pela ação da água ocorre em dois tipos, como de maior relevância em consideração a forma de ocorrência do escoamento das águas superficiais, sendo definidos e caracterizados por Santoro (2009):

Erosão laminar - É aquela que ocorre quando o fluxo de escoamento da água dar-se uniformemente pela superfície do terreno, carreando as partículas de solo, sem formar canais definidos. No entanto, mesmo sendo um dos processos erosivos menos intensos, causa grandes danos as terras agrícolas, além de fornecer grande quantidade de sedimentos aos rios, lagos e represas, contribuindo assim para o assoreamento dos mesmos

Erosão linear - Esse tipo de erosão tem sua origem na concentração do escoamento superficial e de fluxos d'água em forma de filetes. Seu processo evolutivo origina três tipos diferentes de erosão:

I - Sulco - é um tipo de erosão no qual o fluxo d'água ao atingir maior volume transporta maior quantidade de partículas, formando incisões na superfície de até 0,5 m de profundidade e perpendiculares às curvas de nível;

II - Ravinas - são formas erosivas lineares com profundidade maior que 0,5 m, neste caso as águas do escoamento superficial escavam o solo até seus horizontes inferiores; possuem forma retilínea, alongada e estreita;

III - Boçoroca/Voçoroca- é a forma mais complexa de erosão linear, neste caso ocorre o aprofundamento da erosão até atingir o nível freático que aflora no fundo do canal. Ocorrendo, então, ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, o que condiciona uma evolução da erosão lateral e longitudinalmente. (SANTORO, 2009, p.56).

No entanto, os processos erosivos devem ser analisados de forma integrada em função de fatores como a declividade (comprimento do perfil), litologia, classes de solos, uso e cobertura da terra, pluviosidade e as intervenções antrópicas. A análise desses elementos pode ser realizada diretamente com observações e medições feitas em campo, ou indiretamente através do auxílio de tecnologias mais avançadas, obtidas por meio de técnicas de sensoriamento remoto (PINTO e GARCIA, 2005).

As formas geométricas das vertentes (convexas, côncavas e retilíneas) resultam da ação de processos erosivos e/ou deposicionais no tempo e no espaço. Assim, entre os topos e os fundos de vale transitam sedimentos e diversos elementos, detríticos ou solúveis, por meio de mecanismos associados às águas, ventos, gelos ou em interação com as forças gravitacionais (GUERRA, 2007).

Em concordância com Silva et al. (2007) o comprimento das vertentes está diretamente relacionado com a sua geometria e com o grau ou porcentagem da declividade, pois, na proporção que o trajeto percorrido vai aumentando, ocorre a intensificação do volume das águas e também aumento na velocidade de escoamento de forma progressiva, dinamizando maior energia, e, conseqüentemente, resultando em maior erosão.

Desse modo, julgando-se que a geometria das vertentes intervém direta e indiretamente no escoamento superficial, bem como na evolução dos processos erosivos, evidenciando uma relação marcante nas inferências do balanço de materiais e da natureza dos processos morfogenéticos e pedogenéticos (IBGE, 2009; NETO, 2013), Casseti (1995) e Neto (2013) ressaltam a importância da geometria das vertentes, destacando que, não somente o fator declividade, mas também as formas geométricas das vertentes, devem ser analisadas como desencadeadores dos processos morfogenéticos ou distintos da intensidade de fluxo por terra.

A partir dessa compreensão, pode-se determinar a relação entre a geometria da vertente e os processos de pedogênese e morfogênese, apoiando-se no conceito de balanço morfogenético, sendo este entendido pela função da vertente em promover o

desenvolvimento dos solos, visto como componente vertical ou perpendicular (pedogênese), ou evolução dos processos erosivos, correspondendo ao componente paralelo (morfogênese). Ressalta-se ainda que o balanço morfogenético está estritamente em conexão com a geometria das vertentes, contribuindo para a dinâmica de fluxo do escoamento superficial e infiltração de água no solo (NETO, 2013).

Em função disso, o intemperismo e a pedogênese representam os componentes verticais - perpendiculares, assim como, a ação integrada entre eles resulta no aumento da espessura do regolito, e, conseqüentemente, dos solos. Já os processos morfogenéticos dizem respeito aos componentes paralelos, caracterizando-se pela remoção de detritos das vertentes, e tendo como resultado, perda de solos e modelação do relevo (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A declividade é um fator de grande relevância no desencadeamento dos processos erosivos nas vertentes. No tocante à sua gênese e evolução, Silva *et al* (2007), destacam a importância que deve ser dada a compreensão e análise da declividade de uma encosta, sendo verificado que:

[...] geralmente ocorre desuniformidade na variação do perfil longitudinal. Se forem considerados ao menos três valores de declividade num perfil, sendo um na parte baixa, outro no trecho médio e outro no topo da encosta, pode-se encontrar perfis longitudinais do tipo convexo, onde os trechos baixos apresentam declividade acentuada, sendo essa uma das razões pelas quais o escoamento superficial inicia o processo erosivo no local, enquanto os trechos médios apresentam declividade mais baixa e os topos das colinas podem ter declividades quase nulas (SILVA et al., 2007 p. 21).

2.3.1 A Função da Cobertura Vegetal no Estudo dos Processos Erosivos

A cobertura vegetal detém um papel importante no controle dos processos erosivos, de maneira que ela pode amenizar os impactos das gotas de chuva e a velocidade do escoamento superficial.

Desse modo, Derpsch et al. (1991), desenvolveram experimentos no Estado do Paraná e constataram que a cobertura vegetal é o principal fator que contribui de forma significativa no controle e redução dos processos erosivos. A existência de resíduos vegetais aumenta a rugosidade hidráulica na superfície do solo, reduzindo a velocidade e aumentando a profundidade do fluxo superficial (FOSTER, 1982; VOLK et al., 2004; VALE JÚNIOR et al., 2009).

Para Bertoni e Lombardi Neto (2012), a cobertura vegetal tem a função de amenizar os danos causados aos solos, preservando-lhe a integridade contra os efeitos danosos da erosão, de maneira que a erosão é menor se a vegetação tiver um adensamento maior, funcionando como proteção.

Segundo Crepani et al. (2001), o papel desempenhado pela cobertura vegetal contra os efeitos dos processos erosivos apresenta alguns pontos positivos com relação a proteção:

- evita o impacto direto das gotas de chuva contra o terreno que promove a desagregação das partículas;
- impede a compactação do solo que diminui a capacidade de absorção de água;
- aumenta a capacidade de infiltração do solo pela difusão do fluxo de água da chuva; e
- suporta a vida silvestre que, pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais, aumenta a porosidade e a permeabilidade do solo (CREPANI et al., 2001, p. 14).

Sendo assim, a proteção do solo é importante, pois retarda a entrada das águas oriundas das precipitações pluviais nas correntes de incremento do “*runoff*” (movimento de água sobre o solo), diminuindo a capacidade de erosão em decorrência da transformação da energia potencial em energia cinética (CREPANI et al., 2001).

Desse modo, os processos morfogenéticos estão relacionados com a baixa densidade da cobertura vegetal de um terreno. Já os processos pedogenéticos ocorrem em condições de cobertura vegetal mais densa ou em função da serrapilheira, que, grosso modo, permite o desenvolvimento e maturação do solo (CREPANI et al., 2001).

Com isso, as atividades modificadoras da cobertura vegetal, segundo Crepani et al. (2001) ocorrem principalmente devido ao desmatamento e queimadas, deixando o solo exposto a insolação e a pluviosidade, fato que contribui para modificações nas suas propriedades, e, desse modo, dinamizando processos modificadores do sistema ambiental, alterando as características da vida vegetal. Assim:

A vida vegetal depende de boas condições de porosidade e permeabilidade do solo para respirar e se abastecer corretamente de água e de nutrientes, e estas condições dependem da “grumosidade” do solo. O solo exposto, sem poder contar com a proteção da densa cobertura vegetal, tem seus grumos desmanchados pelo impacto direto das gotas de chuva, ao mesmo tempo em que a diminuição da microvida devido à retirada de matéria orgânica e a exposição ao Sol, inibe a formação de substâncias agregantes pela decomposição da matéria orgânica, como ácidos poliurônicos, que permitiriam a formação de novos grumos (CREPANI et al., 2001, p.16).

2.3.2 Intervenções Antrópicas como Vetor de Aceleração dos Processos Erosivos

Os ambientes naturais dispõem de condições para permanecer em equilíbrio dinâmico. Todavia, com os aumentos sucessivos das intervenções antrópicas, esse equilíbrio passou a ser habitualmente modificado. Nesse sentido, cada ambiente tem sua dinâmica estabelecida pelo constante fluxo de energia e matéria que movimentam os sistemas. Assim, por meio de uma análise integrada, pode-se obter resultados mais satisfatórios quanto a gestão e planejamento em função das ações humanas. (CRUZ et al., 2010).

Na visão de Silva et al. (2007, p. 45) “O homem, embora seja parte do ecossistema em que vive, normalmente coloca-se como parte não integrante do ambiente, e continuamente tenta manipulá-lo”. Dessa forma, a concepção de solo na perspectiva do homem urbano e rural é entendida como:

Para um habitante de origem urbana, a concepção de solo seria, talvez, um local da superfície terrestre onde se anda e se constrói. Enfim, nada mais seria do que o chão. Para um habitante de uma região rural, a concepção daquilo que vem a ser o solo provavelmente é mais ampla, dado que o solo, além de ser o local onde ele pisa e constrói sua habitação, é também a fonte de seu sustento, seu local e objeto de trabalho (SILVA et al., 2007, p. 51).

As ações antrópicas, quando exercidas de maneira danosas, contribuem decisivamente para impactos ambientais devido ao inadequado uso e ocupação da terra, principalmente nas vertentes, fato que dinamiza a erosão dos solos, como é destacado por Guerra e Mendonça (2014).

A ação antrópica sobre as encostas tem causado toda uma gama de impactos ambientais negativos *onsite* (no próprio local) e *offsite* (fora do local), ou seja, a erosão tem suas consequências danosas não apenas onde ela ocorre, mas seus efeitos podem ser notados vários quilômetros afastados de onde o processo erosivo esteja acontecendo (GUERRA e MENDONÇA, 2014 p. 233).

Cunha & Guerra (2003) destacam que certos processos ambientais, como lixiviação, erosão, movimentos de massa e cheias, podem ocorrer com ou sem a intervenção humana. Dessa forma, ao se caracterizar processos físicos como degradação ambiental, deve-se levar em consideração critérios sociais que relacionam a terra com seu uso, ou, pelo menos, com o potencial de diversos tipos de uso.

Com isso, o aumento da degradação dos solos traz à mente o questionamento sobre qual é a melhor forma de lidar com a vulnerabilidade do ambiental natural e procurar

buscar, de forma contínua, o uso sustentável visando o equilíbrio de maneira justa e salutar para determinados aspectos e necessidades socioambientais e econômicas. (MOURA et al., 2010)

A ânsia do homem para aumentar cada vez mais a produção tem destinado novas áreas para fins agropecuários, e, por consequência da ausência de planejamento no manejo dessas terras exploradas, tem-se intensificado a degradação do ambiente natural, principalmente dos solos. O aumento da degradação do meio físico tem sido um dos problemas mais difíceis e caóticos encarados na contemporaneidade, dando sinais do seu desgaste em todas as partes da superfície terrestre (COSTA et al., 2009). No Quadro 1 abaixo estão representadas algumas das principais consequências causadas ao meio ambiente em função do homem.

Quadro 1 - Alguns afeitos da ação do homem sobre os solos

Fator do solo	Mudança “ <i>benéfica</i> ”	Mudança “ <i>neutral</i> ”	Mudança “ <i>adversa</i> ”
Química do solo	Fertilizantes minerais (maior fertilidade) Adição de elementos microquímicos Dessalinização (irrigação) Maior oxidação (aeração)	Altera balanço iônico cambiável Alterar Ph (cal) Alteração através de mudanças na vegetação	Desequilíbrio químico Pesticidas e herbicidas tóxicos Salinização Retirada excessiva de nutrientes
Física do solo	Introduzir a estrutura granular (cal e grama) Manter a textura (adubo orgânico ou condicionador) Arar a fundo, altera umidade do solo (irrigação ou drenagem)	Alterar estrutura (arar, gradear) Altera microclima do solo (empalhar, abrigos, aquecimento, alteração do albedo)	Compactação/água empoçada (estrutura pobre) Estrutura adversa por mudanças químicas (saís) Elimina a vegetação perene
Organismos do solo	Adubo orgânico aumento do pH drena/umedece aerar	Altera vegetação e microclima do solo	Elimina vegetação e lavoura (menos minhocas e microorganismos) Elementos químicos Tóxicos patógenos (vasa fluída)
Tempo (ritmo de mudança)	Rejuvenescer (arar a fundo, juntar solo novo, recuperar a terra)	—	Erosão acelerada Uso Excessivo de nutrientes Urbanização da terra

Fonte: Adaptado de DREW (1998).

As fortes transformações exercidas pelo homem à natureza são dependentes de dois fatores: a) da pressão (esforço ou tensão) sobre o sistema; b) e do grau de suscetibilidade dinamizando sensíveis modificações ao próprio sistema. A magnitude desses impactos provocados pelas ações antrópicas, podem sofrer uma variação de

intensidade, de certo modo superficial ou profunda (TRICART, 1977; CRUZ *et al.*, 2010).

Para Souza e Gasparetto (2012), a degradação dos solos é um dos principais problemas socioambientais em áreas usadas para fins agropecuários no Brasil. Os levantamentos e estimativas atuais apontam que as mudanças nos solos brasileiros ocorrem principalmente na forma de processos erosivos acelerados, provocados pelo escoamento difuso ou concentrado da água das chuvas na superfície do terreno.

Segundo Vasquez (2010) as causas da degradação ambiental são decorrentes da agricultura e do processo de urbanização com todas as inter-relações exercidas neste meio, devido aos constantes avanços sobre as novas fronteiras agrícolas, decorrentes do desmatamento de áreas de dimensões consideráveis.

As práticas agropecuárias inadequadas têm acarretado a maior exposição dos solos aos agentes erosivos, como: vento e água, contribuindo para o aumento na perda de solo devido a processos erosivos, causando custos elevados na produção, além da intensificação da lixiviação, retirando as camadas mais férteis do solo, e carreando sedimentos de zonas de maior para menor declividade, aumentando a sedimentação dos corpos d'água (VASQUEZ, 2010).

O desenvolvimento das atividades de ordem antrópica introduz novas forças, que, dependendo da variação de escala, contribuem para mudanças nas condições de equilíbrio do sistema numa dada unidade de paisagem natural. Alguns exemplos de mudanças nos sistemas ambientais ao nível de escala espaço-temporal podem ser observados, como as práticas inadequadas na agricultura, pecuária, silvicultura e mineração dentre outras (CREPANI *et al.*, 2001).

No que compete às práticas conservacionistas para recuperação dos solos e de áreas degradadas, Bertoni e Lombardi Neto (2012) destacam que, o restabelecimento da floresta em zonas desmatadas de grandes extensões tem papel importante, pois sua aplicação incorpora à economia da população local como produtoras de renda. Contudo, para que essas práticas sejam bem sucedidas, e contribuam para o futuro de outras gerações, dependerá de como serão conduzidas.

De acordo com Messias (2012) as práticas de manejo e conservação dos solos são importantes, pois evita maior escoamento das águas superficiais e sub-superficiais, favorecendo um maior aproveitamento das bacias hidrográficas, além de proteger as nascentes para o abastecimento, consumo e demais atividades humanas.

Sendo assim, uma questão de grande relevância que deve ser refletida com relação a conservação do meio ambiente, são as medidas a serem adotadas na predição das consequências das ações humanas, como as práticas de manejo, que muitas vezes, não são aplicadas de forma adequada por falta de um conhecimento técnico básico por parte dos agricultores (STOCKING, 1986 apud COSTA et al., 2009).

2.4 FRAGILIDADE/VULNERABILIDADE AMBIENTAL

A fragilidade dos ambientes naturais e sua correlação com as intervenções antrópicas tende a ser maior ou menor em razão de suas características genéticas. A princípio, em algumas regiões do planeta, os ambientes naturais comportam-se ou comportavam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas começaram progressivamente a interferir de maneira cada vez mais intensa na exploração dos recursos naturais (ROSS, 1994).

O estudo da fragilidade ambiental tem um papel importante como um dos instrumentos mais utilizados pelo poder público na elaboração de projetos visando o planejamento e gestão do território. Acrescenta Carmo et al. (2011) que, o mapeamento da fragilidade ambiental possibilita a realização de uma análise integrada dos elementos físicos da paisagem, bióticos e antrópicos, corroborando assim para a avaliação das potencialidades do meio ambiente, e tendo como resultado a compreensão das características dos atributos naturais tanto positivos como negativos.

Todavia, ao trabalhar com análise da fragilidade ambiental é preciso compreender, organizar e classificar os componentes que a integram num dado recorte espacial a ser estudado, levando em consideração os atributos naturais e humanos. Sendo assim, a partir dessa concepção verifica-se que o estudo da vulnerabilidade ambiental ocorre por meio da análise e integração dos elementos físicos e antrópicos que compõem a paisagem (CRUZ et al., 2010).

O modelo de fragilidade proposto por Ross (1994) parte do pressuposto que na natureza existe uma integração indissociável entre os atributos físicos e bióticos, numa relação de causa e efeito. Assim, a fragilidade ambiental deve ser analisada de forma a criar um referencial teórico integrando os elementos: relevo, geologia, solo, uso e cobertura da terra e clima. (Tabela 1).

Dessa forma, com a posterior análise desses componentes de maneira conjunta, são atribuídos pesos ou coeficientes e influências a cada classe dos planos de informações, tendo como resultado um mapa síntese com os vários graus de fragilidade/vulnerabilidade ambiental (ROSS, 1994).

Tabela 1 - Fatores de análise da vulnerabilidade à erosão dos solos e seus atributos.

Fatores de Análise para Vulnerabilidade à Erosão dos Solos	Parâmetros de Análise
Uso da Terra/Cobertura vegetal	Densidade da cobertura vegetal. Presença de práticas conservacionistas.
Relevo	Tipos de vertentes. Índices de declividade.
Solos	Textura (análise granulométrica). Profundidade / espessura dos horizontes superficiais e sub-superficiais. Permeabilidade / Compactação.
Clima	Distribuição anual e intensidade da pluviometria.

Fonte: Adaptado de Amaral (2009).

O embasamento teórico e funcional da fragilidade ambiental apresentado por Ross (1994) está alicerçado no princípio de Unidades Ecodinâmicas determinado por Tricart (1977), que leva em consideração o balanço Pedogênese/Morfogênese, sendo esse um conceito ecológico que trata o ambiente sobre a ótica da Teoria dos Sistemas, partindo do pressuposto que no meio natural os intercâmbios de energia e matéria ocorrem por intermédio do equilíbrio dinâmico. (Tabela 2). No entanto, esse equilíbrio pode ser constantemente modificado pelas ações antrópicas, dinamizando um estado de desequilíbrio temporário e/ou permanente (CARMO et al., 2011).

Tabela 2 - Categorias morfodinâmicas do balanço pedogênese/morfogênese.

Categoria Morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Adaptado de Tricart (1977).

Desse modo, o equilíbrio no meio ambiente altera-se com certa frequência devido às ações humanas na natureza, contribuindo para o estado de desequilíbrio. Segundo Tricart (1977), os ambientes quando se encontram em equilíbrio dinâmico são estáveis, e quando encontram-se em desequilíbrio são instáveis (havendo também a fase intermediária entre esses dois estágios). Entretanto, Ross (1994), se apropriou desse conceito e acrescentou outros novos critérios que denominou de Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis (ROSS, 1994).

Essas Unidades Ecodinâmicas são definidas por Ross (1994) da seguinte forma:

- Unidades Ecodinâmicas Estáveis - são aqueles que encontram-se em equilíbrio dinâmico, e de certa forma, não foram dizimadas pelas práticas humanas, ou seja, apresentando-se em seus aspectos naturais.
- Unidades Ecodinâmicas Instáveis - são aquelas que sofrem modificações antrópicas alterando significativamente os ambientes naturais por intermédio dos desmatamentos e variadas práticas para fins de atividades econômicas. (ROSS, 1994).

O conceito de Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou Instabilidade Potencial e Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou Instabilidade Emergente de Ross (1994), está atrelado a análise das potencialidades das paisagens, com relação aos processos naturais e antrópicos, e visando o planejamento ambiental. Diante disso, Amaral e Ross (2009), apoiando-se na proposta metodológica de Ross (1994) e com base no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), aperfeiçoaram as técnicas e a metodologia para a análise da fragilidade dos ambientais antropizados (Tabela 3).

Tabela 3 - Representando com a proposta metodológica Relação entre os conceitos relacionados aos ambientes naturais e antropizados definidos por ROSS (1994) e TRICART (1977).

Autores	Proposta Metodológica	Conceituação	
		Ambientes naturais	Ambientes Antropizados
TRICART, 1977	Ecodinâmica	Unidades Estáveis	Unidades Instáveis
ROSS, 1994	Fragilidade Ambiental	Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial	Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente

Fonte: Adaptado de Amaral (2009).

Contudo, tem sido evidenciado que ao longo das últimas décadas muitas transformações ocorreram devido aos avanços tecnológicos, sociais e econômicos, acarretando mudanças nos cenários ambientais, que, de certa forma, passou a contribuir de maneira determinante e significativa nas modificações dos sistemas ambientais. Na conexão com os atributos naturais, destacam-se as ações antrópicas, que de certo modo têm possibilitado uma fragilidade de maior ou menor proporção, em detrimento dos seus aspectos genéticos (SPÖRL e ROSS, 2004).

Sendo assim, as transformações, sejam elas quais forem, quando ocorridas nos diferentes componentes do meio físico/natural: relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos, proporcionará maiores prejuízos no funcionamento do sistema, alterando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Esses elementos naturais e humanos, quando analisados e pensados de maneira integrada, auxiliam na elaboração de diagnósticos das várias categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPÖRL e ROSS, 2004).

Na opinião de Silva e Costa (2011):

[...] as pesquisas ambientais precisam se preocupar não somente no levantamento dos problemas ambientais causados pela sociedade e como recuperá-los e sim no estudo do grau de fragilidade (áreas que apresentam alto grau de vulnerabilidade, ou seja, vulneráveis a impactos antrópicos e ao processo erosivo pluviométrico, determinado por fatores físicos (declividade, tipos de solo) e econômicos (uso e ocupação) dos diversos ambientes às interferências antrópicas (SILVA e COSTA, 2011. p. 152).

Alguns estudos foram desenvolvidos utilizando a metodologia de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994) e respaldados no uso dos Sistemas de Informações Geográficas – *SIG*’s. Como exemplo cita-se trabalhos de Vitte e Mello (2008) que determinaram a fragilidade ambiental na bacia do Rio Verde, no Estado de São Paulo, levando em consideração as características históricas e socioeconômica da bacia,

dando ênfase as práticas agropecuárias, como o plantio de cana-de-açúcar, batata, cebola, e criação de bovinos.

Oliveira et al. (2008) estudaram a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Pindaíba em Uberlândia, MG, com base nos aspectos naturais e antrópicos, constatando que as intervenções humanas foram as principais responsáveis pelo elevado nível de alteração e degradação do meio ambiente natural. Neste caso, as áreas que apresentaram maior fragilidade ambiental, necessitaram de medidas corretivas quanto as alterações no uso da terra, adequando a forma de cultivo à morfologia do terreno, e assim viabilizando um planejamento tanto dos aspectos naturais como sociais.

Outros trabalhos sobre essa temática são referenciados, como o de Silva e Costa (2011) que adotaram a metodologia de Ross (1994) e Tricart (1977), para avaliar a fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço em Ituiutaba e Prata, no triângulo mineiro, utilizando como parâmetros a declividade do relevo, as classes de solos e o uso da terra, a fim de dar subsídio a gestão e ao planejamento ambiental.

Respaldados na mesma abordagem metodológica, Massa e Ross (2012) diagnosticaram empiricamente a fragilidade ambiental em decorrência das ações antrópicas na bacia do córrego do Bispo, na Serra da Cantareira, mapeando as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente, utilizando como fatores de correlação no estudo o relevo, o solo, a cobertura vegetal/uso da terra e o regime pluviométrico.

Spörl e Ross (2004) analisaram a fragilidade e a vulnerabilidade ambiental numa área entre os Estados de São Paulo e Minas Gerais, comparando três modelos metodológicos, dois propostos por Ross (1994), um com base no Índice de Dissecção do Relevo, e o outro respaldado nas Classes de Declividade.

Com enfoque em Crepani et al. (1996; 2001), que fizeram a análise da vulnerabilidade natural de terrenos da Amazônia Legal quanto à erosão dos solos, com base nos parâmetros de erosão laminar e/ou linear, isso por meio da identificação das Unidades Territoriais Básicas - UTB's. Para a determinação das UTB's os autores utilizaram imagens de satélite, onde foram interpretados na imagem os padrões de formas

semelhantes, assim puderam discernir aspectos como variações de cores, textura, formas, padrões de drenagem e relevo.

Segundo Moser (1998) apud Alves (2010, p.3) “A noção de vulnerabilidade geralmente é definida como uma situação em que estão presentes três elementos (ou componentes): exposição ao risco, incapacidade de reação e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco”.

Em outra perspectiva, a análise da vulnerabilidade tem origem nos estudos que tratam dos desastres naturais (*natural hazards*) e avaliação de risco (*risk assessment*). Sendo assim, a vulnerabilidade pode ser compreendida como a relação entre o risco existente em um determinado lugar (*hazard of place*) com seus aspectos e o grau de exposição da população ao risco (CUTTER, 1994; 1996).

A percepção de vulnerabilidade, nos últimos anos, tem sido bastante discutida na comunidade científica, principalmente a nível de mudanças ambientais globais, (IPCC, IGBP, IHDP), além de ser apresentada como uma categoria analítica relevante para instituições internacionais, como algumas agências das Nações Unidas (PNUD, PNUMA, FAO) e o Banco Mundial (KASPERSON, 2001; ALVES et al., 2010).

Em consoante com Alves et al. (2010), as definições e significados para a vulnerabilidade são muito variadas, e sendo evidenciadas em diversas áreas do conhecimento tais como: direito, segurança alimentar, macroeconomia, psiquiatria, saúde e prevenção de desastres naturais.

A conceituação em torno do termo vulnerabilidade não deve ser vista como uma simples exposição aos riscos e perturbações, bem como da capacidade da sociedade de enfrentar os riscos e adaptarem-se as consequências que surgirem. E nesse caso, passa a ser importante e inseparável as dimensões socioambientais da vulnerabilidade (CHAMBERS, 1989; PANTELIC et al., 2005; ALVES et al., 2010).

A determinação do termo e tipos de riscos, quando associado ao meio ambiente, apresenta os riscos ambientais como decorrência da vulnerabilidade. Em um contexto geográfico existem algumas discordâncias, entre os geógrafos, em se utilizar o termo natural hazards ou risco ambiental. Com relação ao uso dessa terminologia Marandola Júnior e Hogan enfatizam que:

Ao invés de começar diferenciando os termos “risco” e “perigo”, optamos por traçar o que os geógrafos têm chamado de *harzards*, que não são apenas naturais, identificando sua essência e características, para depois recorrer aos esforços já traçados de compreensão destes termos e sua significação geográfica na distribuição espacial da população, ou seja, a relação população-ambiente. (MARANDOLA JÚNIOR e HOGAM, 2004, p. 2).

Nesse contexto, os riscos ambientais estão associados aos riscos de acidentes naturais e aos riscos naturais agravados pela atividade humana (VEYRET, 2007, JOCOB e FRACALANZA, 2011). Dessa forma, para Castro (2000) o conceito de risco ambiental inclui:

[...] a probabilidade de ocorrência de um evento natural ou provocada pelo homem e à apreciação pelo homem em termos de seus efeitos adversos (vulnerabilidade). A avaliação qualitativa pode ser feita por medição quantitativa da perda e da probabilidade de ocorrência. Quando ele tiver dados suficientes para executar um cálculo de probabilidades pode ser definido risco. (CASTRO, 2000, p. 2).

Para Tominaga (2009, p.150), “dois elementos são essenciais na formulação do risco: o perigo de se ter um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa e a vulnerabilidade, ou seja, o grau de suscetibilidade do elemento exposto ao perigo”. Dessa maneira, pode ser indicado que o impacto proveniente do desastre decorre das características, probabilidade e intensidade do perigo, além da vulnerabilidade dos aspectos físicos, sociais, econômicos e ambientais dos componentes evidenciados (TOMINAGA, 2009).

Na concepção de Veyret, (2007) e Tominaga (2009) o risco é um perigo calculável, sendo um processo potencialmente perigoso, e vindo a se tornar um risco para a população afetada desde o instante que sua ocorrência passa a ser previsível, seja por emissão de sinais prévios ou pela repetição, possibilitando estabelecer uma frequência, e, nesse caso, a estatística é um fator importante na definição do risco.

As terminologias *perigo*, *vulnerabilidade* e *risco* são definidas por Tominaga da seguinte forma:

- Perigo - refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.
- Vulnerabilidade- conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções

e proteções da infraestrutura) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.

- Risco - é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$ (TOMINAGA, 2009 p.151).

Em função da ação antrópica, o meio ambiente é constantemente modificado, sobretudo, por fatores que são responsáveis pela vulnerabilidade ambiental, estando em plena ligação com a ação antrópica. A vulnerabilidade ambiental constitui-se num conjunto de elementos e parâmetro de natureza homogênea, mediante atividades em execução ou que ainda serão executadas, desse modo, podendo sofrer transformações e atingir, de forma total ou parcial, a instabilidade ecológica e social do recorte espacial da paisagem em análise (CASTELLANI, 2004; MOURA et al., 2010).

De certa forma, segundo Spörl e Ross (2004) os modelos aplicados às análises de fragilidade e/ou da vulnerabilidade são essenciais para subsidiar o planejamento ambiental de forma mais estratégica, além do que os mapeamentos são capazes de identificar e analisar devidas áreas em relação aos seus mais variados níveis de vulnerabilidade, como no caso da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, no Estado do Espírito Santo.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas (BHRDB) está localizada entre os municípios de Santa Leopoldina e Cariacica, no Estado do Espírito Santo, Brasil. Compreendida entre as coordenadas: 20°12'01.28"(7764921) e 20°17'24.90" (7755681) S e 40°23'06'.35 (355302) e 40°32'07.88" (339683) W.

Com uma área de 92,22km², sendo que 18,71km² (20,29%) corresponde ao município de Santa Leopoldina e 73,51km² (79,71%) ao município de Cariacica. Seu perímetro (P) é de 55,69 km. A BHRDB é uma subbacia do rio Santa Maria da Vitória, sendo este, responsável por parte do abastecimento de água da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

A bacia hidrográfica do rio Duas Bocas tem uma importância sumária para a região a qual banha, principalmente devido ao abastecimento de água para a população de Cariacica, fato que vem ocorrendo desde a década de 1950 com a construção da represa de Duas Bocas, além de ser uma das bacias que fazem parte da RMGV.

Nesse sentido, a Reserva Biológica de Duas Bocas (REBIO), tem um papel relevante para as nascentes dos principais córregos que formam o rio Duas Bocas, além da relevância quanto a manutenção dos recursos hídricos. A represa de Duas Bocas, é responsável pelo abastecimento de água de parte da população do município de Cariacica (MARCHIORO, 1996; NOVELLI, 2010)

No ano de 1908 um projeto foi elaborado pelo engenheiro civil Ceciliano Almeida, com o objetivo de utilizar as águas do rio Formate para abastecimento da cidade de Vitória; todavia, esse projeto não se consolidou. A partir daí novos estudos foram realizados com o intuito de buscar outras alternativas de abastecimento, entre elas a utilização do Braço Sul do Jucu, rio Bubú, e/ou o rio Santa Maria da Vitória (NOVELLI, 2010; GOVERNO ESTADUAL, 1996).

De acordo com Boni (2012), após uma análise dos aspectos físicos de vários locais nas proximidades de Vitória, o governador do Estado do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, autorizou, no ano de 1912, a compra de terras próximas ao córrego Pau Amarelo, com a finalidade de construir uma represa para o abastecimento da população, sendo inaugurada no ano de 1918 e vindo a funcionar até a década de 1950. Mas, devido ao crescimento populacional, houve a necessidade da construção de uma nova represa, com uma maior capacidade de armazenamento de água (Quadro 2).

Quadro 2 - Histórico evolutivo da criação da Reserva Biológica de Duas Bocas (REBIO) e da Represa

Ano	Evolução Histórica da Reserva e da Represa de Duas Bocas
1894	Construção de um rudimentar sistema de captação de água do Córrego Pau Amarelo, pelo presidente da intendência (prefeito) de Cariacica, senhor Manoel Lopes Loureiro, para o abastecimento da população da sede de Cariacica.
1912	O Governador do Estado do Espírito, Jerônimo Monteiro, determinou a compra de terras das sesmarias de Pau Amarelo, Samambaia e Naia-Assú e a prefeitura de Vitória a sesmaria de Taquara-Assú ao redor do Córrego Pau Amarelo, com a finalidade de construir uma represa para o abastecimento da população.
1918	Inauguração da represa velha
1950	A represa velha esteve em funcionamento até a década de 1950
1951	Ano que o presidente Getúlio Vargas inaugurou a atual represa da Reserva Biológica de Duas Bocas para o abastecimento de Vitória.
1954	Ano que a Represa começou a entrar em operação.
1965	Criação da Reserva Florestal de Duas Bocas, por meio da Lei nº 2.095, de 12 de janeiro de 1965, em uma área de 2.910 hectares. A bacia de captação passou a ser Reserva Florestal.
1991	Redefinição da categoria de manejo para Reserva Biológica em 2 de janeiro de 1991 através da Lei nº 4.503.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016), baseado em Boni (2012).

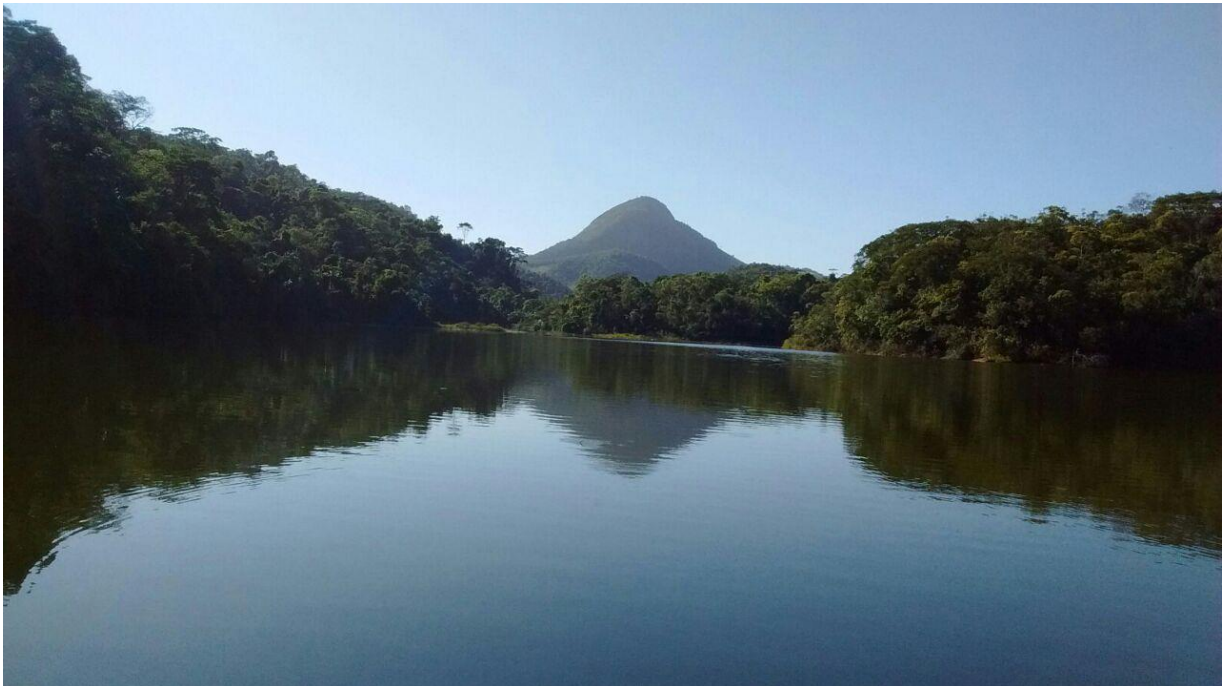
A represa (Figura 4), encontra-se dentro dos limites da REBIO de Duas Bocas numa altitude de 200 metros, com uma área correspondente a 0,51km² e, com uma profundidade média de 4,3 m e profundidade máxima de 10m (DELAZARI-BARROSO *et al.*, 2009). A jusante da represa foi instalada uma Estação de Tratamento de Água (ETA) da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), cuja contribuição hídrica, destina-se 25% para abastecimento de Cariacica Sede (IJSN, 1983). (Figura 5)

Figura 4 - Vista da represa de Duas Bocas, localizada dentro da REBIO.



Fonte: Acervo do autor (2015).

Figura 5 - Espelho d'água da represa de Duas Bocas, próximo a desembocadura do córrego Pau Amarelo



Fonte: Acervo do autor (2015).

Os córregos tributários da represa são: Panelas, Naia-Assú e Sertão Velho ao Sul e Pau Amarelo ao Norte, drenando uma área de 3.108 ha, sendo que o córrego Pau Amarelo drena uma área de 1.516 ha, correspondendo a 49% da área de drenagem da represa (PERRONE, 1995).

Com a criação da REBIO de Duas Bocas houve a necessidade de aumentar o controle do uso e ocupação da terra em suas adjacências, impedindo, principalmente, o avanço da urbanização do município de Cariacica em direção às Áreas de Preservação Permanente (APP). Segundo o Plano de manejo da REBIO (1996), as principais atividades agropecuárias identificadas em seu entorno são: cultivo de bananas, cultivo de café e áreas de pastagens destinadas à pecuária bovina extensiva; vale ressaltar que, embora o cultivo de banana tenha pouca expressividade para a economia nacional e regional, contribui de forma significativa para o desenvolvimento da economia local (ESTADO DO ESPIRITO SANTO, 1996)

Com relação a cobertura vegetal, Merçon et al. (2012) ressaltam que na REBIO predomina os fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) Sub-montana e Montana em bom estado de conservação, sendo possível diferenciar os estratos vegetais ou florestais em: floresta primária (área com baixo grau de antropização) e floresta secundária (com presença dos cultivos de banana, café e pastagem). É importante destacar a presença de jaqueiras (*Artocarpusheterophyllus*), intercaladas com outras espécies na floresta, plantadas de forma inadequada para o reflorestamento e sendo circundadas por pequenas e médias propriedades rurais (BONI, 2012; NOVELLI, 2010).

Cabe salientar ainda que no Estado do Espírito Santo existem 82 Unidades de Conservação estando inseridas em diferentes categorias, tendo desse modo, a função de conservar os remanescentes florestais da Mata Atlântica corroborando com medidas efetivas na criação de corredores ecológicos com a finalidade de unir os fragmentos, proporcionando a conexão entre a ação antrópica e o meio ambiente natural (IEMA, 2006; NOVELLI et al., 2011).

Assim, são contabilizadas dez áreas essenciais para conservação ambiental, sendo especializadas e selecionadas em todo o Estado com o propósito de implantar corredores ecológicos, chamados também de Corredores Prioritários que tem por intuito testar metodologias e divulgar a experiência alcançada para possíveis

replicações, esse corredores ecológicos em questão são: Córrego do Veado, Pedra do Elefante, Sooretama-Goytacazes-Comboios, Alto Misterioso, Duas Bocas – Mestre Álvaro, Saíra-apunhalada, Caparaó, Burarama-Pacotuba-Cafundó, Guanandy e Complexo Centro-Norte Serrano (IEMA, 2006; NOVELLI et al., 2011).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente – MMA, no projeto intitulado: Corredores Ecológicos: Experiências em Planejamento e Implementação, sendo esse um Programa Piloto para a Conservação das Florestas Tropicais do Brasil de 2007, os corredores ecológicos são definidos como:

[...] áreas que contêm ecossistemas florestais biologicamente prioritários e viáveis para a conservação da biodiversidade, compostos por conjuntos de unidades de conservação, terras indígenas e áreas de interstícios. Sua função é propiciar uma proteção efetiva da natureza, reduzindo ou prevenindo a fragmentação das florestas existentes por meio da interligação entre diferentes modalidades de áreas protegidas e outros espaços com diferentes usos do solo (MMA, 2007.p.11).

Contudo, no caso do Corredor Ecológico Prioritário Duas Bocas – Mestre Álvaro (CEDBMA) que engloba a bacia de Duas Bocas, tem uma área de 38.380,03 ha, distribuída entre os municípios de Cariacica, Serra, Viana e Santa Leopoldina, estes que fazem parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Esse corredor corte uma porção de terra do complexo lagunar, áreas de várzea do município da Serra, além da APA do Mestre Álvaro, da REBIO de Duas Bocas e do Parque Natural Municipal do Monte Mochuara, e como ecossistemas existentes nesse trecho destacam-se: floresta da mata atlântica, manguezal e floresta de tabuleiro (NOVELLI, 2011).

As Unidades de Conservação existentes na área do referido corredor ecológico, especialmente a da REBIO de Duas Bocas e em seus arredores, desempenham um papel de grande relevância na estratégia de conservação de áreas fragmentadas inseridas em propriedades privadas. Tendo em vista que, a REBIO de Duas Bocas, bem como a Área de Proteção Ambiental do Mestre Álvaro juntas corroboram para o não isolamento de espécies e o restabelecimento do regime hídrico, visto que, as florestas estabelecem o equilíbrio ecossistêmico do ambiente (NOVELLI, 2011).

A preservação da cobertura florestal é de extrema importância para a manutenção do equilíbrio dos fluxos de energia e matéria, evitando o desencadeamento dos processos erosivos e transporte de sedimentos gerados nas vertentes íngremes, além da ação do

vento, pluviosidade e demais processos físicos agindo sobre o solo. Todavia, a relação existente entre os afluentes com seus fluxos, determina um equilíbrio entre a descarga líquida e o transporte de sedimentos, mantendo um ritmo proporcional desde a nascente até a foz (CUNHA, 1994 apud PERRONE, 1995).

A dinâmica fluvial pode ser determinada pela erosão, transporte e deposição dos sedimentos, funcionando como indicador de equilíbrio, visto que as bacias hidrográficas funcionam como um sistema onde seus elementos físicos: clima, geologia, geomorfologia, vegetação e a ação antrópica interagem de forma indissociável (PERRONE, 1995).

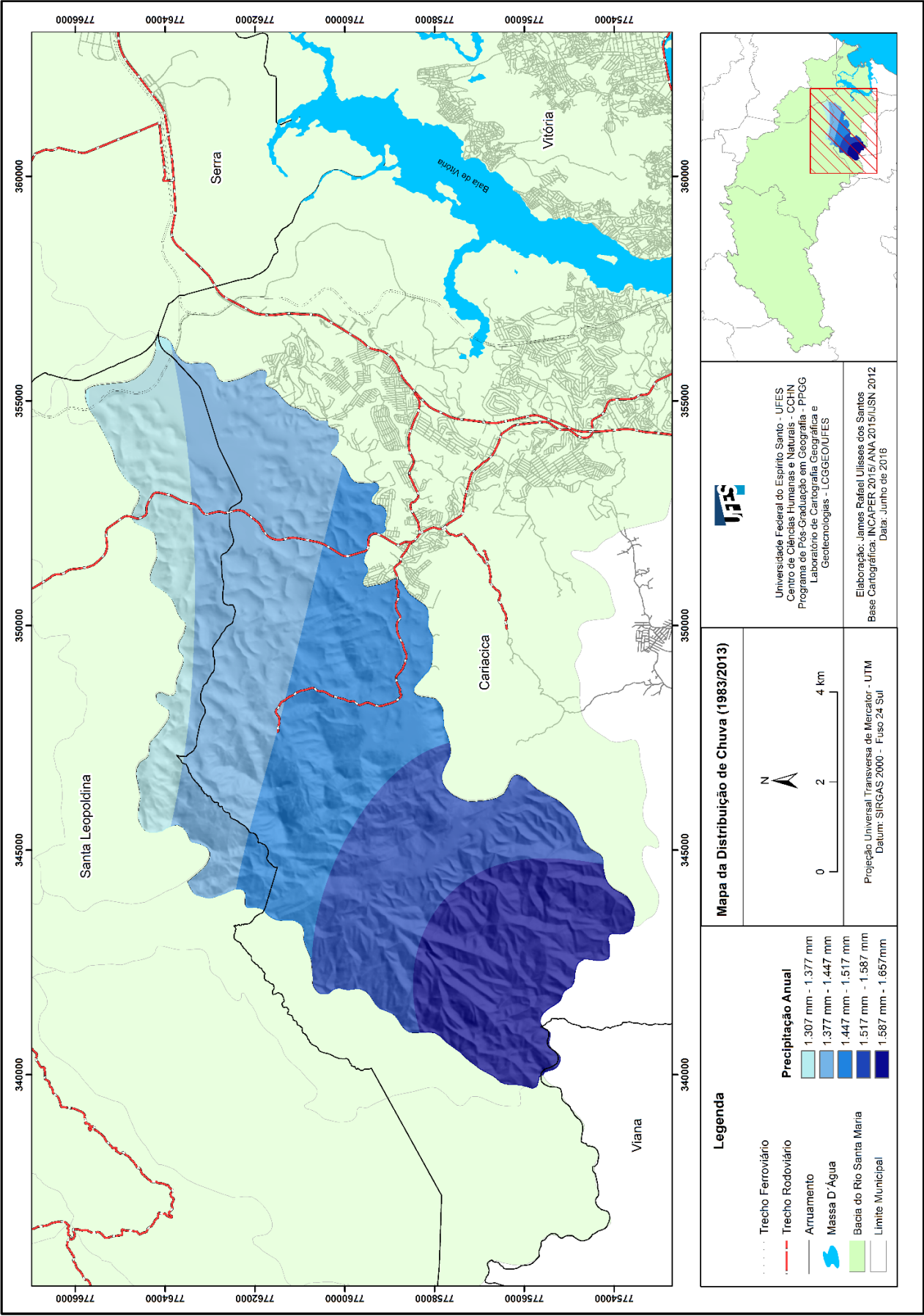
3.2 Pluviosidade

Bastos et al. (2015) analisando a influência da distribuição de chuva na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, em função da altitude (efeito orográfico), constataram que o fator topográfico favoreceu o aumento dos totais pluviométricos acumulados a barlavento nas maiores altitudes, sendo os intervalos de precipitação total, em função da normal climatológicas, na bacia de: 1.307 mm a 1.377mm, 1.377mm a 1.447mm, 1.447mm a 1.517mm, 1.517mm a 1.587mm, 1.587mm a 1.657 mm (Figura 6).

Nesse estudo os totais pluviométricos acumulados foram referentes a normal climatológica (1983-2013), que de acordo com Bastos et al. (2015) para a área da bacia foram identificados dois períodos de chuva característicos, um seco de abril a setembro e outro chuvoso de outubro a março, sendo que as maiores precipitações foram registradas de novembro e dezembro e as menores de junho e julho.

Para tal, o método de interpolação adotado nesse estudo foi o *Spline*, que trata-se de uma ferramenta que une uma superfície de curvatura mínima por intermédio de dados pontuais de entrada, mais adequado para superfícies que representam tendências gradativas, a exemplo de chuvas médias, na área de estudo. Dessa forma, este método utiliza funções matemáticas e estatísticas que minimizam a curvatura da superfície terrestre, alcançando como resultado uma distribuição igualitária, conforme a altitude do local (AMORIM *et al*, 2008; CHILDS, 2004; ESRI, 2012; BASTOS et al., 2015).

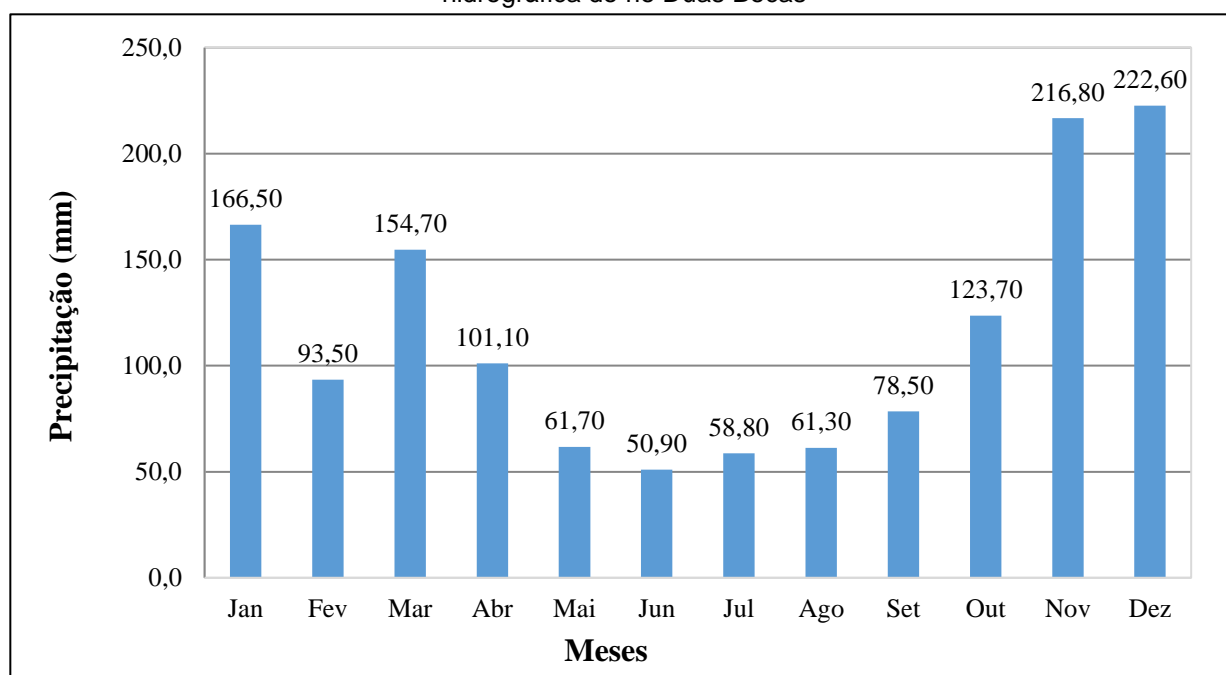
Figura 6 - Mapa da normal climatológica (distribuição da chuva anual de 1983 a 2013) da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

A Figura 7 representa as médias mensais da precipitação correspondente a normal climatológica da série histórica dos anos de 1983 a 2013, pode ser observado que o mês com maior precipitação foi dezembro, com 222,60 mm e, o menos chuvoso foi junho, apresentando um total médio de 50,90mm. Já os meses de novembro, dezembro e janeiro foram os de maior precipitação total acumulada, com 605,90 mm e os meses de junho, julho e agosto os menos chuvosos, com 171,00 mm (BASTOS et al, 2015).

Figura 7 - Distribuição média mensal de chuva da normal climatológica (1983-2013), da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado por Bastos et al. (2015).

Na concepção de Uliana (2010), a distribuição temporal de chuva no Estado do Espírito Santo apresentou como períodos de maior pluviosidade respectivamente os meses de outubro a abril, sendo dezembro e novembro os meses de maior acumulado de chuva mensal, e o período de maio a setembro de menor precipitação, além de ser observado também que os maiores acúmulos anuais de chuva ocorreram nas regiões litorâneas, sul e serrana do Estado.

Marchioro (2012), estudando a incidência de frentes frias (FF) no município de Vitória/ES, ressaltou que entre os sistemas atmosféricos dinâmicos que agem diretamente sobre a dinâmica da chuva, com influência na bacia supracitada, evidenciam-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), estando em associação com os Sistemas Frontais

e as linhas de instabilidades (LI). Corroborando com os estudos de Correa (2014), que também observou a incidência sobre o município de Vitória.

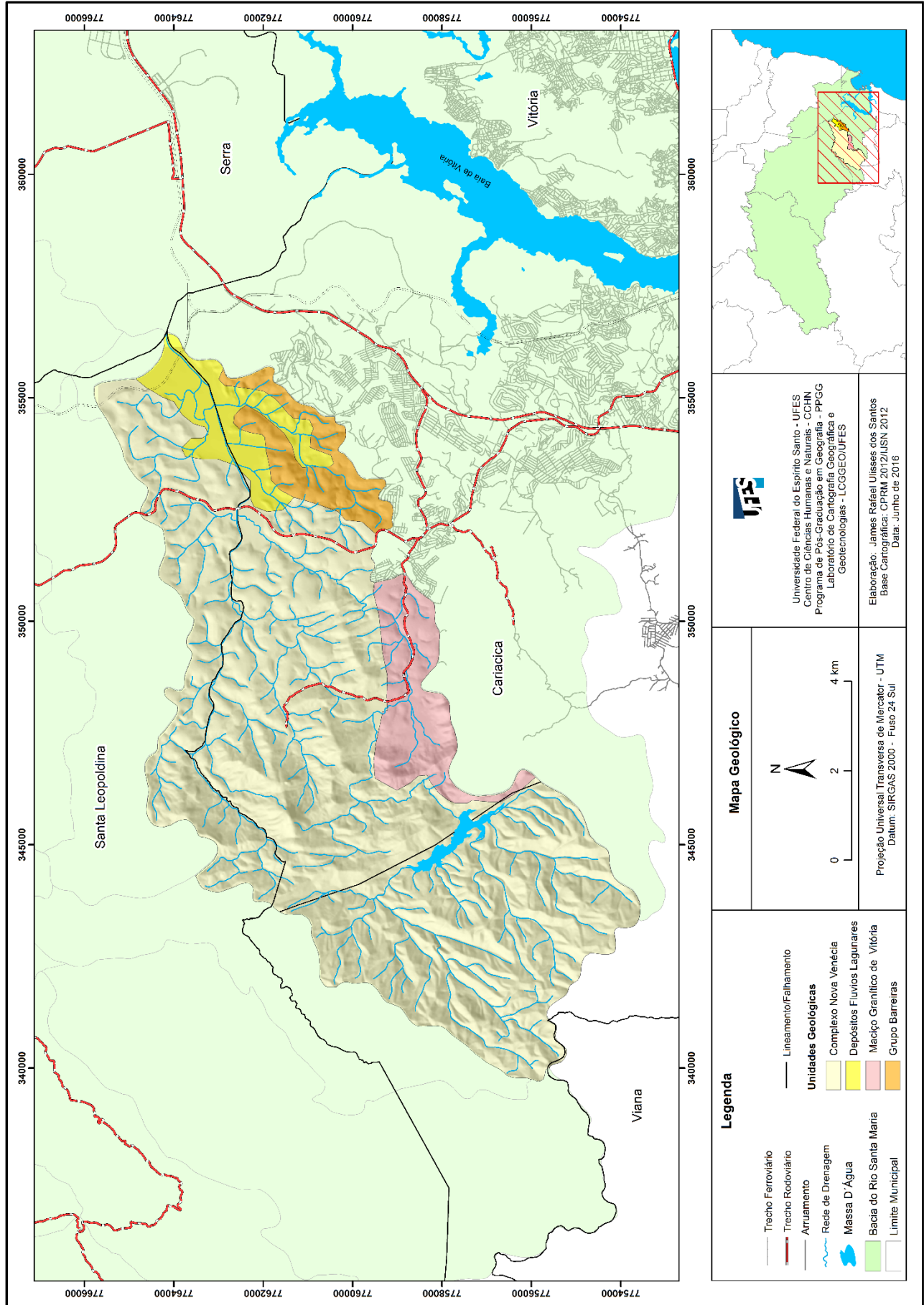
3.3 Geologia

A caracterização geológica e litológica da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas teve como base o levantamento realizado pelo programa Geologia do Brasil (2012) folha Nova Venécia (SE-24-Y-B-IV) na escala 1:100.000 e do Projeto RADAMBRASIL (1983). Para a área de estudo foram descritas as seguintes unidades geológicas: Complexo Nova Venécia, Maciço Granítico de Vitória, Grupo Barreiras e Depósitos Flúvio-Lagunares (Figura 8).

- O *Complexo Nova Venécia*¹ - é formado principalmente por migmatito paraderivado, apresentado composição geralmente peraluminosa, sendo evidenciada devido a grande quantidade de biotita, granada, cordierita, sillimanita e/ou hercynita. Além de apresentar bandamento composicional formado por migmatítico, sendo evidenciado pela presença de lentes de rocha calcissilicática, com a foliação regional e paralela ao bandamento composicional. As quantidades variáveis de leucossoma quartzo-feldspático, denunciam diversas intensidades de fusão parcial (QUEIROGA *et al.*, 2012).
- O *Maciço Granítico de Vitória* - encontra-se inserido na Suíte Intrusiva do Espírito Santo, sendo formado por uma associação litológica bem diversificada de granitos e granodioritos, com intrusões em fases sin e pós-tectônicas, isso com relação ao Ciclo Brasileiro, e apresentando rochas de composição variada com coloração entre cinza média e rosa-claro, granulação média a grosseira, com tipos porfiroblásticos abundantes. Além de estruturas foliadas ou maciças, com cataclase constante. Sua composição mineralógica não varia muito, podendo ser identificados feldspatos brancos e róseos, quartzo e subordinadamente biotita e/ou anfibólio e, em algumas fases migmatíticas e granada rósea. (RADAMBRASIL, 1983).

¹O termo Complexo Nova Venécia foi uma nova nomenclatura criada em substituição a denominação *Complexo Paraíba do Sul*, mas isso quando se trabalha numa escala de 1:100.000, em escalas pequenas permanece a segunda nomenclatura. Nesse sentido, essa substituição deu-se devido a grande controvérsia sobre o termo, presente na literatura geológica do sudeste brasileiro, além do que, as demais nomenclaturas anteriores como: *Complexo Gnáissico-Kinzigitico* em trabalhos de Silva 2000, Pinto *et al.* (2001), também não se utiliza mais, segundo as recentes normas de nomenclatura estratigráfica da CPRM. Os autores chegaram a essa conclusão durante o estudo, já citado anteriormente, realizado por uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para o Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFMG contratado pela Companhia Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM/Serviço Geológico do Brasil).

Figura 8 - Mapa da geologia da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte:Elaborado pelo autor (2016).

- O *Grupo Barreiras* - é formado em sua essência basicamente por materiais resultantes dos processos intempéricos sobre o embasamento cristalino, cuja abrangência dá-se mais para o interior do continente (FURRIER et al., 2006).
- Já o *Grupo Barreiras Pleistocênico*² - apresenta até três fases de sedimentação, com até 50 m de espessura, estando sobreposto por discordância erosiva ao Barreiras Terciário e ao embasamento cristalino, sendo duas dessas fases bem caracterizadas: a unidade inferior é basicamente formada por estratos regulares de areias arcoseanas, localmente conglomeráticas, e níveis subordinados argilosos e a unidade superior sendo formada principalmente por camadas ou lentes irregulares de material areno-argiloso ou argilo-erono (RADAMBRASIL, 1983)³.
- Os *Depósitos Flúvio-Lagunares* - são constituídos por sedimentos transportados pelos rios, que quando excedem o ponto de limite do canal dão origem aos lobos subatuais ou as lâminas deltaicas, por meio do processo de progradação [...]. Todavia, nesse tipo de ambiente sedimentar, o fator topográfico apresenta-se de forma plana, com inclinações suaves, podendo surgir perturbações nas feições morfológicas devido a movimentações nas estruturas geológicas, derivando movimentações nas amplitudes desses compartimentos (RADAMBRASIL, 1983).

²No Estado de Espírito, mais precisamente no trecho que compreende Vitória, Cariacica e Nova Almeida, esse grupo apresenta uma melhor exposição na BR- 101 no entorno de Vitória, com surgimentos de camadas tabulares composta de areias arcoseanas estratificadas, conglomerados feldspáticos, arenitos feldspáticos, além de litologias secundárias, argilas silticas. (RADAMBRASIL, 1983, p. 238).

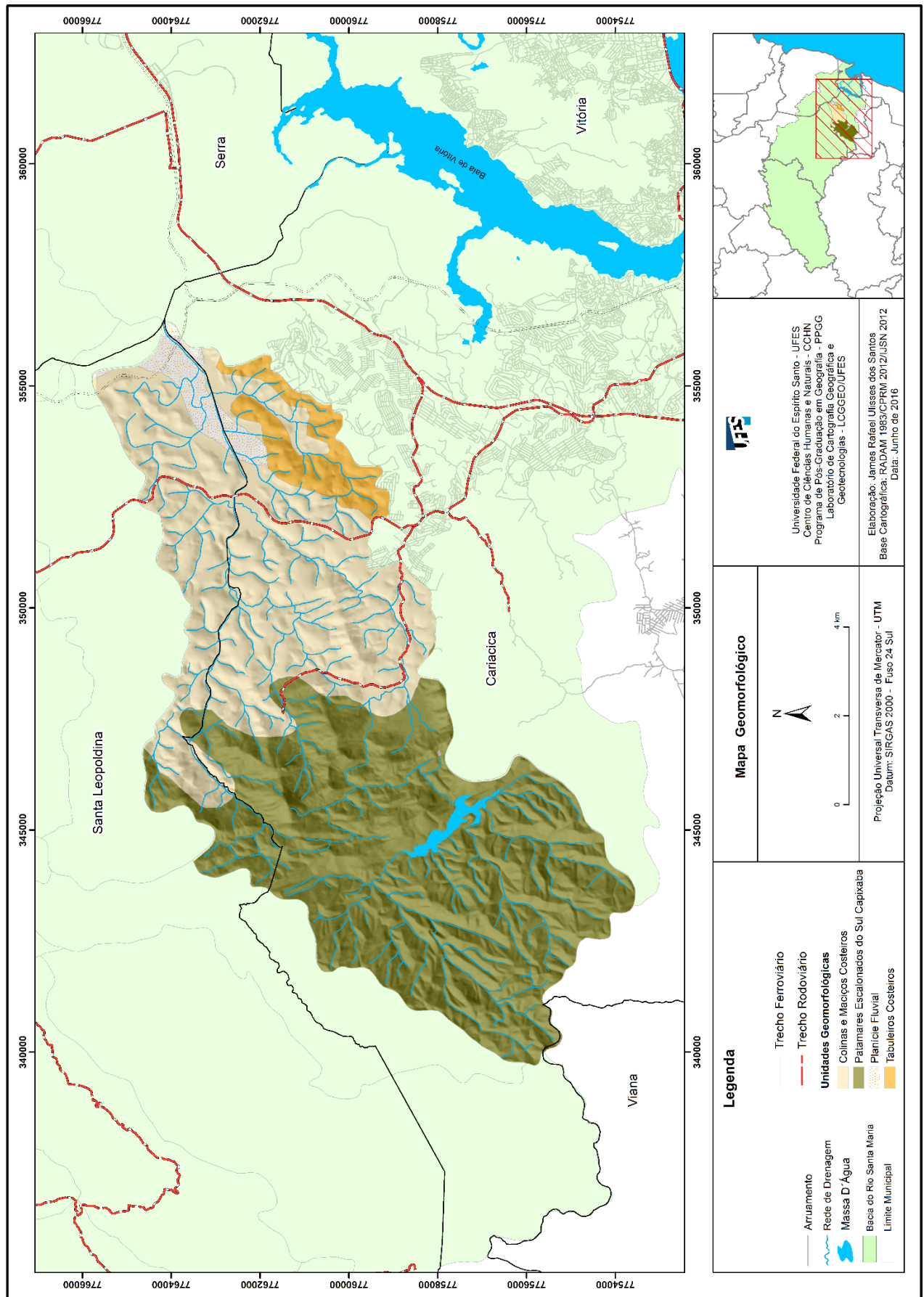
³Nesse mesmo projeto, ao realizar-se perfurações de sondagens em Nova Almeida verificou-se que os sedimentos apresentaram uma espessura equivalente a 80 m, aumentando de forma gradual no sentido litoral – continente alcançando 150 m. Contudo, o Grupo Barreiras Pleistocênico nessa região apresenta os seguintes aspectos, no que concerne as fases de sedimentação: na região Vitória-Cariacica-Nova Almeida, o Barreiras Pleistocênico apresenta até três fases de sedimentação, totalizando até 50 m de espessura, estando sobreposto por discordância erosiva ao Barreiras Terciário e ao embasamento cristalino, e duas dessas são bem características a unidade inferior é basicamente formada por estratos regulares de areias arcoseanas, localmente conglomeráticas, e níveis subordinados argilosos (RADAMBRASIL, 1983, p. 238).

3.4 Geomorfologia

O mapeamento das unidades geomorfológicas da bacia de Duas Bocas teve como base o mapeamento geomorfológico do Estado do Espírito Santo, realizado numa parceria entre o Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN e o Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – LCGG/UFES, tratando-se de um refinamento do projeto RADAMBRASIL, nas escalas 1:250.000, 1:1000.000 (relatórios volumes 32 e 34 dos anos de 1983 e 1987), sendo classificadas para a área de estudo as seguintes unidades geomorfológicas: Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Colinas e Maciços Costeiros, Tabuleiros Costeiros e Planícies Fluviais (Figura 9), descritas a seguir:

- *Patamares Escalonados do Sul Capixaba* - são unidades geomorfológicas que diferenciam-se das outras áreas da região Sul Capixaba por apresentar níveis de dissecação escalonados originando patamares, delimitados por frentes escarpadas adaptadas a falhas no sentido noroeste e com caimento topográfico para sudeste, formando blocos basculados em decorrência de impulsos epirogenéticos relacionados com a atuação dos ciclos geotectônicos (IJSN, 2012).
- *Colinas e Maciços Costeiros* - apresentam como aspectos, um relevo moderadamente dissecado, com baixos valores altimétricos em relação a outras unidades, refletindo num controle estrutural fraturado e dobrado. (IJSN, 2012). Por meio da atuação dos controles geológicos, climato-eustático e processos subatuais, foram determinadas as variadas formas de modelado de dissecação compreendidas entre as colinas côncavo-convexas e outras unidades geomorfológicas de maior altitude, interligadas por serras e maciços litorâneos (RADAMBRASIL, 1983).
- *Tabuleiros Costeiros* - distribui-se desde o sopé dos afloramentos cristalinos representados pelas unidades chãs pré-litorâneas, depressão marginal, patamares escalonados e baixadas litorâneas, até as planícies quaternárias, formado por sedimentos cenozóicos do Grupo Barreiras, com areias e argilas variadas com eventuais linhas de pedra, disposto em camadas com espessura diversificada (IJSN, 2012).

Figura 9 - Mapa das unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

- *Planície Fluvial* - apresenta sedimentos constituídos por argilas e areias intercaladas, sem controle estratigráfico, de cor em geral negra ou cinza, não consolidados. Como são regiões que ficam alagadas boa parte do ano, a decomposição da matéria orgânica é lenta e sua lixiviação praticamente nula, ocasionando depósitos de sapropelitos e turfeiras (IJSN, 1983).

3.5 Pedologia

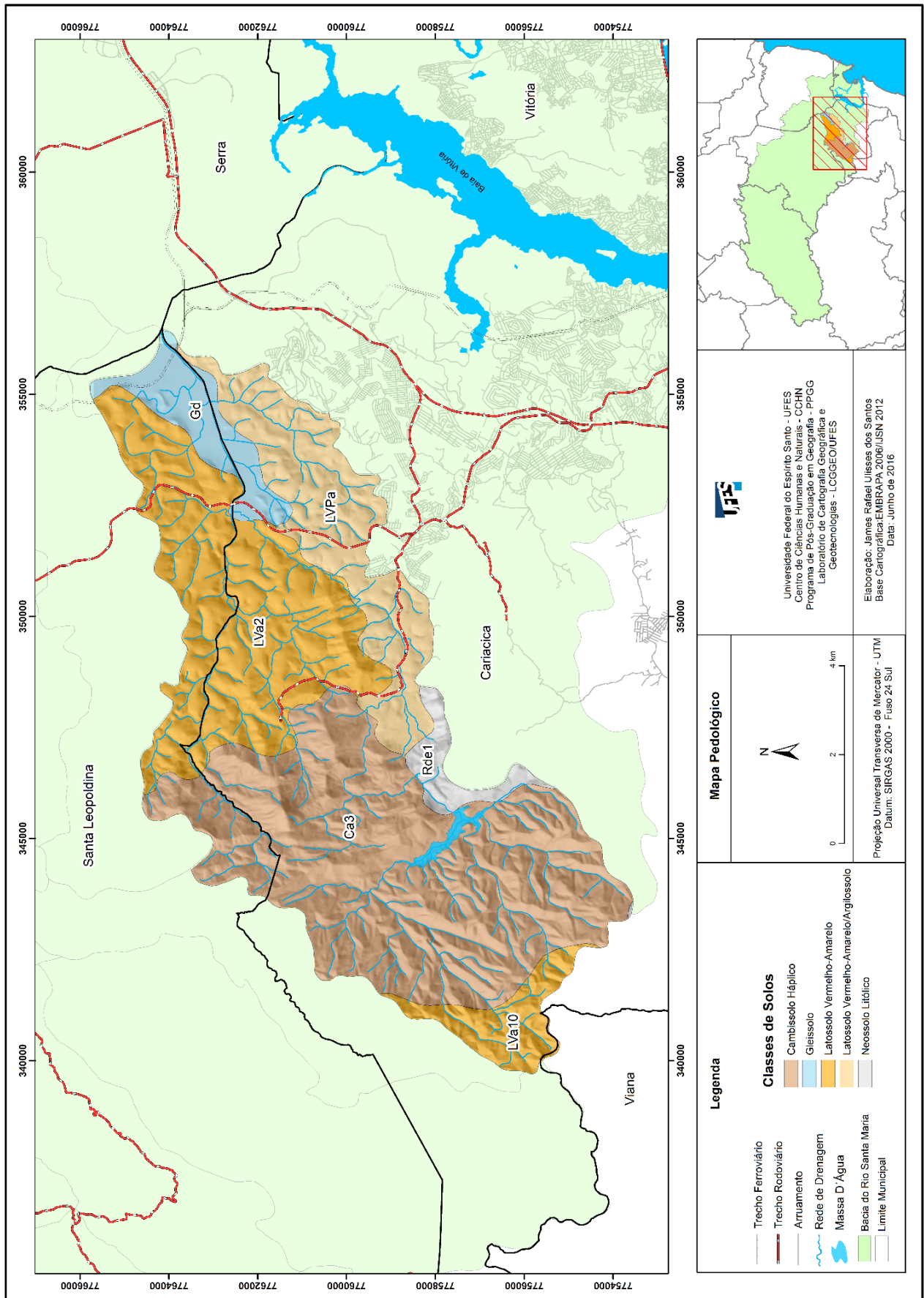
Em concordância com o mapeamento Pedológico da Embrapa de 1978, reclassificado em 1999, 2006 e 2013 e disponível na escala de 1:400.000, na área de estudo foram encontradas cinco classes de solos, sendo-as: CAMBISSOLO HÁPLICO, GLEISSOLO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/ARGISSOLOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS. A seguir são caracterizadas as classes de solos de acordo com a classificação da Embrapa (2013)⁴ (Figura 10).

- *CAMBISSOLOS HÁPLICO* – essa classe de solo é encontrada em regiões de relevo dissecado, sendo pouco profundos, dificilmente atingindo 1 m de solum⁵, com argilas de atividade média a alta, de variação textual moderada, apresentando quantidades de minerais primários, relativamente grande, o que torna a intemperização mais fácil, principalmente em fragmentos de rochas (EMBRAPA, 2013; LEPSCH, 2011).
- *GLEISSOLOS* – os solos dessa classe apresentam textura arenosa (areia ou areia franca) somente nos horizontes superficiais, isso se for seguido de perfis glei de textura franco arenosa ou mais fina. Encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, exceto que áreas artificialmente drenadas, sendo que a água permanece parada internamente no solo, podendo ocorrer saturação por meio do fluxo lateral ou elevando-se por ascensão capilar, atingindo a superfície (EMBRAPA, 2013)
- *LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO* – essa classe de solo pode ser encontrada nas mais variadas feições do relevo, e apresenta como características, horizonte Bw, estrutura granular de aspecto maciça *in loco*, com associação de estrutura moderada arranjada em blocos subangulares. Porém, podendo haver ainda presença de goetita, óxidos de ferro e hematita ao passo que os solos ficam com uma coloração mais avermelhada (EMBRAPA, 2013; PALMIERI e LARACH, 2003).

⁴ As classes de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas foram classificadas com base no mapeamento realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 1978, este que foi reclassificado em 1999, 2006 e 2013, no entanto, para esse trabalho adotou-se a classificação mais recente de 2013.

⁵Segundo Palmieri e Larach (2003, p.68), o solum pode ser considerado como um perfil de solo incompleto, compreendendo apenas os horizontes A, E e B, os quais evidenciam as ações dos processos e dos mecanismos de formação dos solos [...].

Figura 10 - Mapa das classes de solos da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

- *Associação do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e ARGISSOLOS* - a associação dessas classes, a primeira apresenta as mesmas características das classes dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e a classes dos ARGISSOLOS, tem como aspectos a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos LUVISSOLOS, PLANOSSOLOS, PLINTOSSOLOS ou GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013; JACOMINE, 2009).
- *NEOSSOLOS LITÓLICOS* - são classes solo com horizonte A ou hístico, assentados diretamente sobre a rocha, sobre horizonte e/ou Cr, ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm, que apresentam um contato lítico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2013).

3.6 Hidrografia

Os pequenos tributários da bacia de Duas Bocas que nascem no maciço de mesmo nome, têm uma altitude média de 750 m, apresentando drenagens sobre um relevo bastante dissecado, antes de alcançar uma extensa planície fluvial até o encontro com o Rio Santa Maria da Vitória, na divisa entre os municípios de Santa Leopoldina e Cariacica (IJSN, 1983).

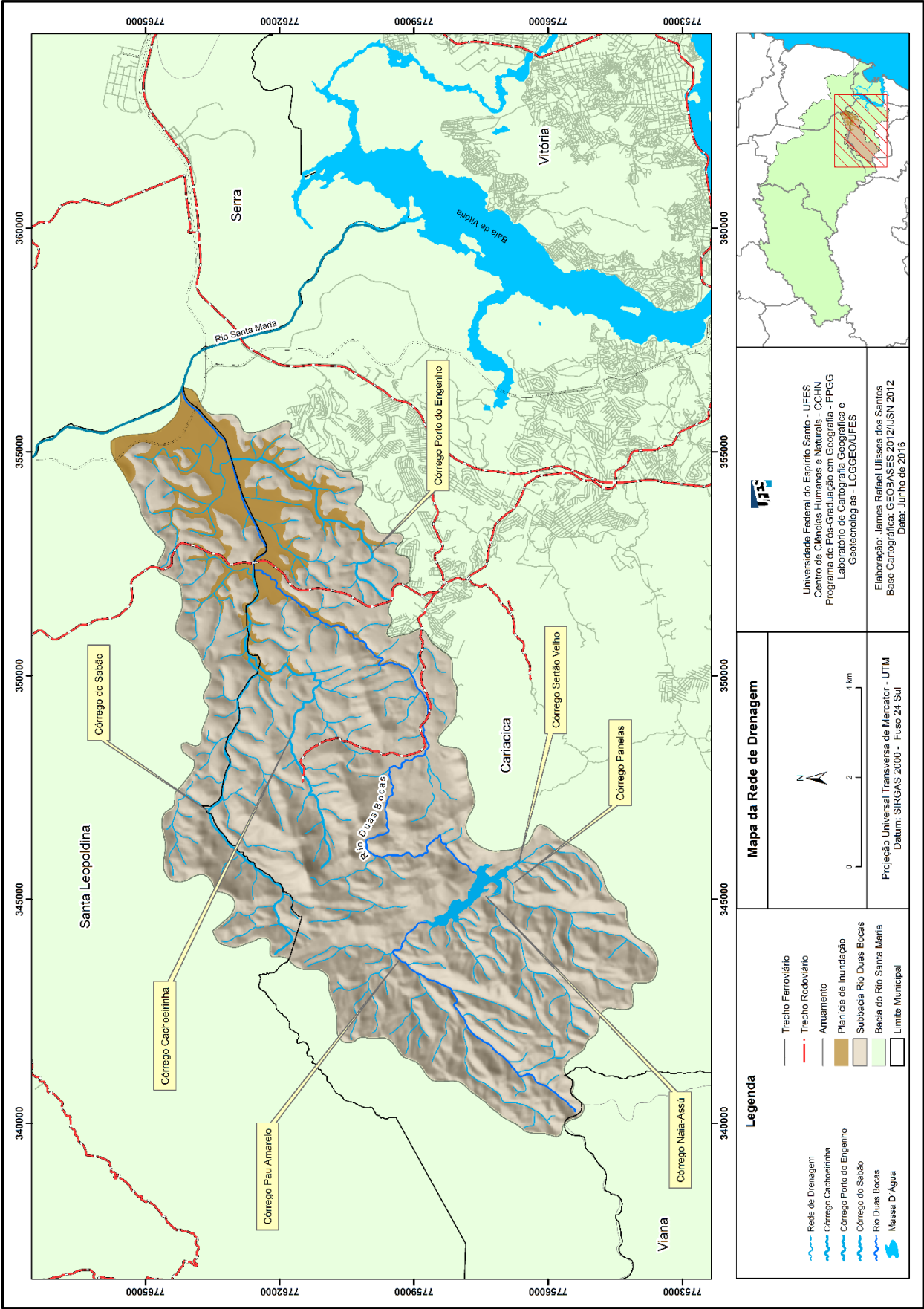
Em consoante com Marchioro (1996); Perrone (1995); Barroso e Marchioro (1999) afirmam que, as nascentes dos principais córregos que formam a bacia supracitada nascem dentro da REBIO de Duas Bocas, sendo eles: Pau Amarelo, Naia-Assú, Pannels e Sertão Velho. No entanto, outros córregos⁶ também integram a rede de drenagem da bacia, como o do Sabão, Cachoeirinha, Porto do Engenho, da Manteiga, Taquaruçu, Andorinha, Retiro, Pau-Oco, Freio do Burro, Batinga etc. (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 1996) (Figura 11).

Na perspectiva de Perrone (1995), o córrego Pau Amarelo possui uma vazão média de 137,5 l/s e nasce dentro da reserva, e junto com o Pannels e Naia-Assú, formam o Rio Duas Bocas, sendo os responsáveis pela contribuição hídrica da represa localizada na REBIO. Perrone (1995) ressalta ainda que o Rio Duas Bocas, após percorrer uma região de relevo de declividades acentuadas, encontra-se com o Córrego do Sabão, formando uma expressiva planície fluvial até sua confluência com o Rio Santa Maria da Vitória.

Conforme Marchioro (1996), o córrego Naia-Assú apresenta uma vazão média de 20 a ± 50 l/s, e, tendo sua cabeceira de drenagem protegida com vegetação nativa, minimizando os processos erosivos, deslizamentos e produção de sedimentos, corroborando para o não assoreamento da represa.

⁶Os córregos do Sabão, Cachoeirinha, Porto do Engenho, Manteiga, Taquaruçu, Andorinha, Retiro, Pau-Oco, Freio do Burro e Batinga não foram caracterizados nesse estudo devido a inexistência de bibliografias e pesquisas sobre os mesmos. E devido a escala espacial no mapa da hidrografia são foram representados apenas os córregos Pau Amarelo, Pannels, Naia-Assú, Sertão Velho, Cachoeirinha, Sabão, Porto do Engenho, Rio Duas Bocas e Rio Santa Maria da Vitória.

Figura 11 - Mapa da Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise integrada da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, seguirá a proposta metodológica de fragilidade dos ambientes naturais e antropizados estabelecida por Ross (1994) e Amaral e Ross (2009) respaldada no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977).

A aplicação dessa metodologia ressalta a importância de se estudar de forma integrada os elementos que compõem a paisagem, tais como: geomorfologia, geologia, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade. Com a análise dos fatores naturais e antrópicos, torna-se possível diagnosticar as categorias hierárquicas da vulnerabilidade dos ambientes naturais (CRUZ et al., 2010).

Neste trabalho para a sistematização das etapas da pesquisa foi adotado o método de Libault (1971), que determina os quatro níveis da pesquisa geográfica, sendo-os: o nível compilatório, o nível correlatório, o nível semântico e o nível normativo. Esses níveis estabelecem uma sequência lógica no direcionamento e desenvolvimento das fases da pesquisa. Conforme Libault (1971), a sistematização e a organização das fases da pesquisa dar-se em níveis diferentes, assim, possibilita uma compreensão mais acurada e adequada das etapas no decorrer da pesquisa.

4.1 Primeiro Nível: Compilatório

O nível compilatório corresponde à fase da pesquisa de levantamento das informações pré-existentes (OLIVEIRA e RIEDEL, 2012). Segundo Libault (1971), esse nível presume a coleta e compilação dos dados, como o levantamento do referencial bibliográfico em artigos de revistas, monografias, dissertações e teses, além da aquisição da base de dados cartográfica em formato vetorial e matricial/raster, que são documentos necessários para a elaboração dos mapas temáticos como: declividade, solos, uso e cobertura da terra, pluviosidade e da vulnerabilidade erosiva.

4.2 Segundo Nível: Correlatório

Esse nível, de acordo com Libault (1971) sistematiza as etapas e correlaciona as informações e os dados adquiridos com a realidade da pesquisa em todos os seus diferentes estágios. Dessa forma, todas as atividades devem estar relacionadas com

as análises dos dados, como por exemplo: análise e interpretação de fotografias aéreas, imagens aéreas e de satélites, cartas topográficas e demais informações cartográficas.

Para a área de estudo, foram correlacionadas com esse nível as informações da etapa anterior, como: os mapas da pluviosidade, geologia, geomorfologia, solos e uso e cobertura da terra (este também foi reclassificado nessa etapa para os anos de 1970, 2008 e 2012), além das informações coletadas e interpretadas em campo.

Também foram elaborados nesse nível os mapas da vulnerabilidade erosiva de 1970, 2008 e 2012, que foram correlacionados com a etapa seguinte. Esse nível permite dar um melhor ordenamento, de forma cronológica, do material levantado e coletado, sobre o tema específico do estudo e do recorte espacial analisado (OLIVEIRA e RIEDEL, 2012).

4.3 Terceiro Nível: Semântico

Na interpretação de Oliveira e Riedel (2012) e Libault (1971), o nível semântico reorganiza e interpreta as informações e as correlaciona com os demais atributos ao término das atividades de campo, sendo que, algumas informações desnecessárias são descartadas, e outras que não foram coletadas são adquiridas e inseridas nos dados que irão compor os resultados.

Nesse nível, para a área de estudos, após a validação das informações cartográficas em campo, foram interpretados os mapas temáticos do uso e cobertura da terra de 1970, 2008 e 2012, com base nas fotografias e imagens aéreas, declividade, solos e pluviosidade, além da vulnerabilidade erosiva. Contudo, esse nível está diretamente direcionado as averiguações e interpretações do material cartográfico e integração dos dados para a análise do objeto de estudo.

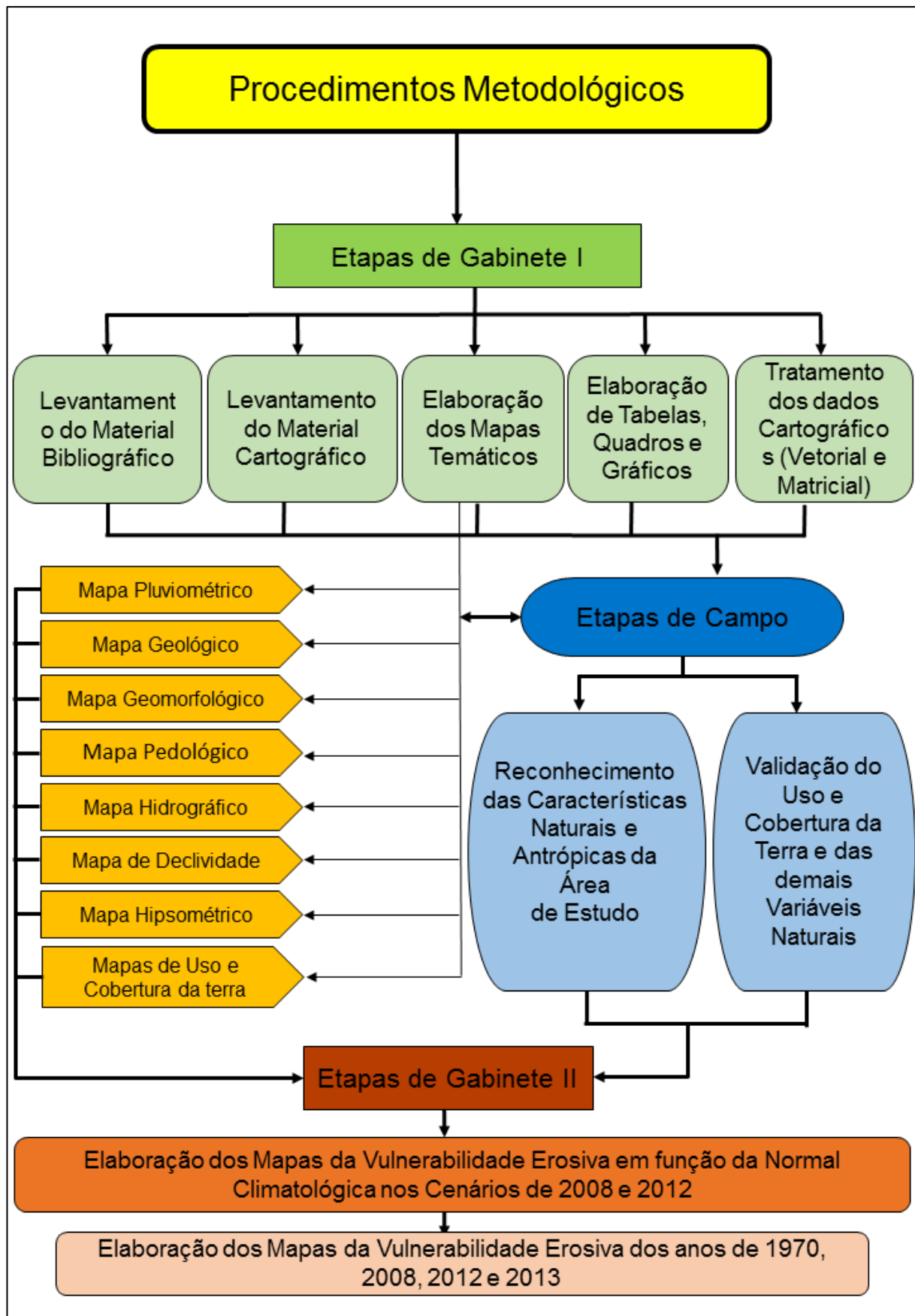
4.4 Quarto Nível: Normativo

O nível normativo representa os resultados e conclusões, determinados nas etapas da pesquisa, relacionando os elementos naturais e antrópicos, conforme as características existentes em cada um desses componentes, e suas influências na vulnerabilidade à erosão dos solos. Na perspectiva de Libault (1971), nesse nível são distribuídas as “normas” para o desenvolvimento do estudo, sendo estabelecidos os

aspectos peculiares a cada elemento natural e humano da paisagem e posterior integração destes para a finalização dos resultados da pesquisa.

Portanto, o fluxograma abaixo busca dar respaldo no direcionamento das atividades, demonstrando didaticamente a sequência das várias etapas desenvolvidas neste estudo, determinando uma ordem lógica, conforme o disposto nos quatro níveis de pesquisa geográfica do método proposto por Libault (1971) (Figura 12).

Figura 12 - Fluxograma com as etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.5 Levantamento dos Materiais Bibliográficos e Cartográficos Necessários para a Elaboração dos Mapas Temáticos.

A bibliografia específica para o desenvolvimento desse estudo foi obtida em artigos de periódicos científicos, livros, monografias, dissertações e teses sobre a temática em questão. A base de dados cartográfica, tanto em formato vetorial como em matricial (raster), foi levantada em diversas instituições especializadas, sendo disponibilizado gratuitamente. Essas informações cartográficas foram essenciais para a construção de um banco de dados e elaboração dos mapas temáticos. A base de dados impresso ou para download, foram as seguintes (Quadro 3):

Quadro 3 - Base de dados cartográfico levantados para a realização da pesquisa.

Dados Cartográficos	Fonte/Ano	Escala	Aspectos Analisados
Fotografias Aéreas	IDAF (1970)	1:20.000	Essas fotografias foram utilizadas para fazer a classificação do uso e cobertura da terra de 1970.
Imagens Aéreas (Ortofotos)	IEMA (2007/2008)	1:15.000	As imagens de 2007/2008 foram utilizadas para a classificação do uso e cobertura da terra de 2008 e reclassificação de 2012
Imagens Aéreas (Ortofotos)	HIPARC (2012)	1:5.000	Por meio dessas imagens foi possível reclassificar o uso e cobertura da terra atual da bacia.
Curvas de Nível	HIPARC (2012)	5 m	As curvas de nível com equidistância de 5 metros foram utilizadas para a produção do mapa hipsométrico e da declividade da bacia.
Dados Vetoriais de Geologia	CPRM (2012) ¹	1:100.000	Os dados vetoriais da CPRM foram utilizados para a produção do mapa de geologia da área de estudo.
Dados Vetoriais de Solos	EMBRAPA (1979, 1999, 2006 e 2013) ¹	1:400.000	Os dados vetoriais de solos fornecidos pela Embrapa foram necessários para a elaboração e adequação do mapa de solos.
Dados Vetoriais	INCAPER (2012)	-	O plano de informação das unidades de conservação e das reservas biológicas estaduais, foram necessários para representar a REBIO de Duas Bocas no mapa de localização da área de estudo.
Base de dados Vetoriais Do Estado do Espírito Santo-ES	IJSN (2012)	-	Esses planos de informações foram necessários para a confecção de todos os mapas da área de estudo com as seguintes informações: malha ferroviária, malha rodoviária, limites municipais e estaduais, arruamento, mapeamento geomorfológico do Espírito Santo, massa d'água, rede de drenagem etc.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), foram obtidos os planos de informações referentes as classes de solos no formato vetorial, os quais foram utilizados para classificar os solos da bacia, sendo classificados em cinco classes.

Na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil, através da plataforma Geobank do CPRM, foram disponibilizados os planos de informações (formato vetorial) da geologia, litologias e falhamentos referentes ao Estado do Espírito Santo. Após a aquisição dessa base de dados, elaborou-se o mapa da geologia da área de estudo.

No Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – (INCAPER), por meio do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo – GEOBASES, foi feito o download da base de dados do Estado, com planos de informações diversos, a exemplo dos *PIs* das unidades de conservação e reservas biológicas estaduais, necessários para compor os demais mapas da bacia.

No Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), foi adquirida a base de dados no formato vetorial, para auxiliar na produção dos mapas temáticos, sendo os seguintes *PIs*: limite municipal, limites de bairros, malha ferroviária e malha rodoviária, bacias hidrográficas (rede de drenagem), arruamento, massa d'água e mapeamento geomorfológico do Estado do Espírito Santo.

No Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi adquirido o plano de informação do Brasil, no formato vetorial, referente aos limites estaduais do território brasileiro, este que foi utilizado para compor, junto com outros *PIs*, o mapa de localização da área de estudo.

No Instituto de Defesa Agropecuária e Florestas do Estado do Espírito Santo (IDAF), por intermédio do setor de cartografia, foram obtidas as fotografias aéreas da década de 1970 impressas, que tiveram que passar pelo processo de escaneamento, digitalização e posteriormente foram georreferenciadas com base nas imagens aéreas de 2012.

Essas fotografias aéreas foram necessárias para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra de 1970, e, tendo como forma de classificação, a manual ou em

tela, ou seja, vetorizando diretamente sobre a imagem para a determinação dos polígonos das classes de uso e cobertura da terra.

No Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) foram fornecidas as imagens aéreas e o *shape* do uso e cobertura da terra dos anos de 2007/2008⁷, que subsidiou, na classificação do uso e cobertura de terra dos anos de 1970 e 2012, adotando-se o método de classificação o manual ou em tela, vetorizando sobre a imagem para obter-se os polígonos das classes de uso da terra.

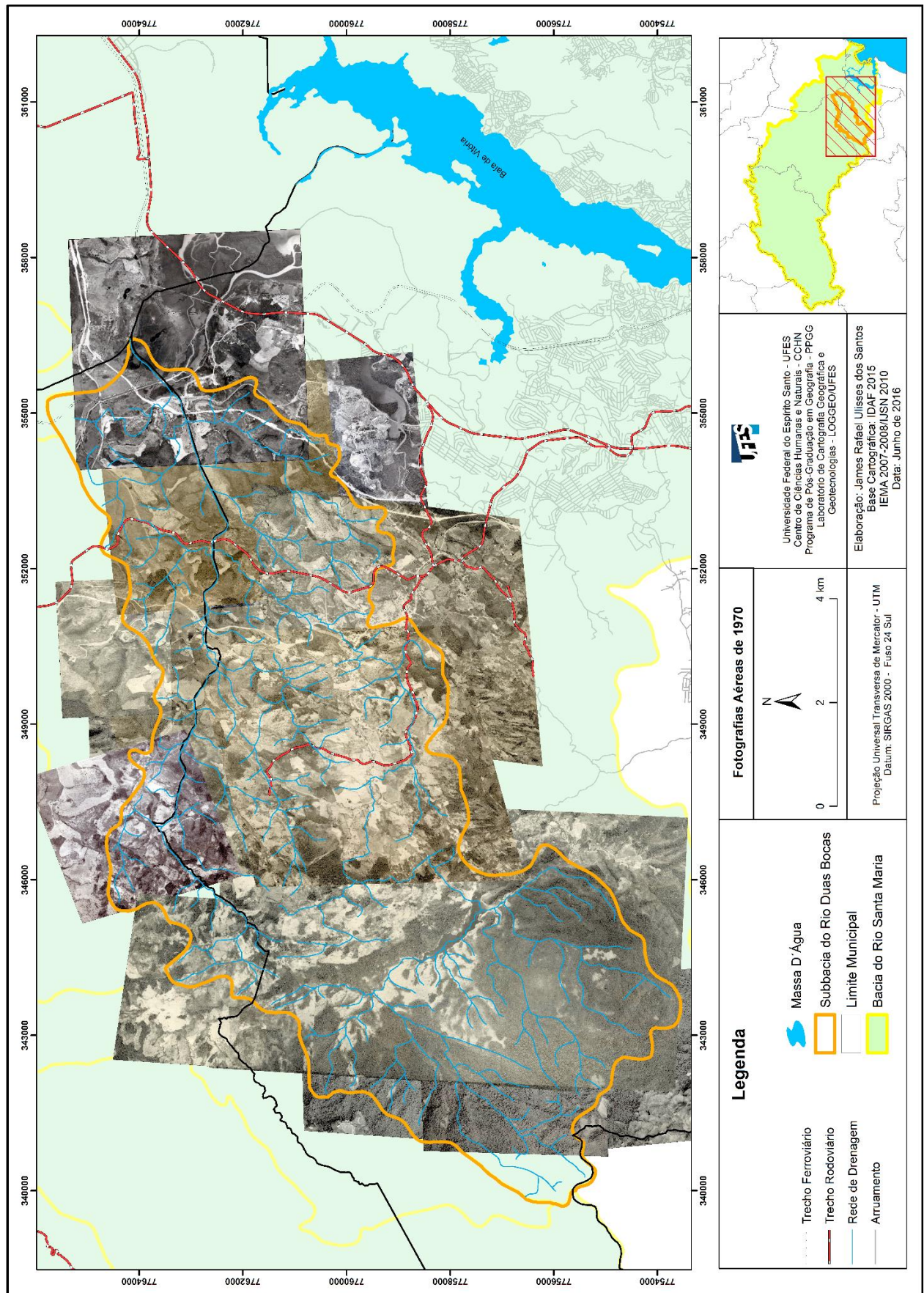
Na HIPARC Geotecnologia (Empresa de Aerolevantamento Ltda.) foram disponibilizadas para o Laboratório de Análise e Monitoramento de Sistemas Ambientais – LAMOSA/UFES, as imagens aéreas mais recentes (2012)⁸, que foram utilizadas para a reclassificação do uso e cobertura da terra do ano de 2012, sendo esse uso classificado com base no uso e cobertura da terra de 2007/2008, este que consequentemente foi elaborado com auxílio das imagens aéreas de 2007/2008. As Figuras 13, 14 e 15 correspondem as fotografias aéreas de 1970 e as ortofotos imagens de 2008 e 2012.

Por meio do projeto RADAMBRASIL (1983) e DNPM. 1974, no Vol. 32, Folha SF. 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória, foram extraídas as informações referentes a: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. As informações existentes nesse projeto foram necessárias para a readequação do mapa dos mapas geológico e geomorfológico da área de estudo.

⁷ As imagens fornecidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA são de 2007 e 2008 porque os voos para sua produção iniciaram em 2007 e terminaram em 2008, ano que as imagens de todo o Estado de Espírito Santo começaram a ser disponibilizadas para a sociedade civil e acadêmica. A escala espacial dessas ortofotos é de 1:15.000, com resolução do pixel de 1x1m.

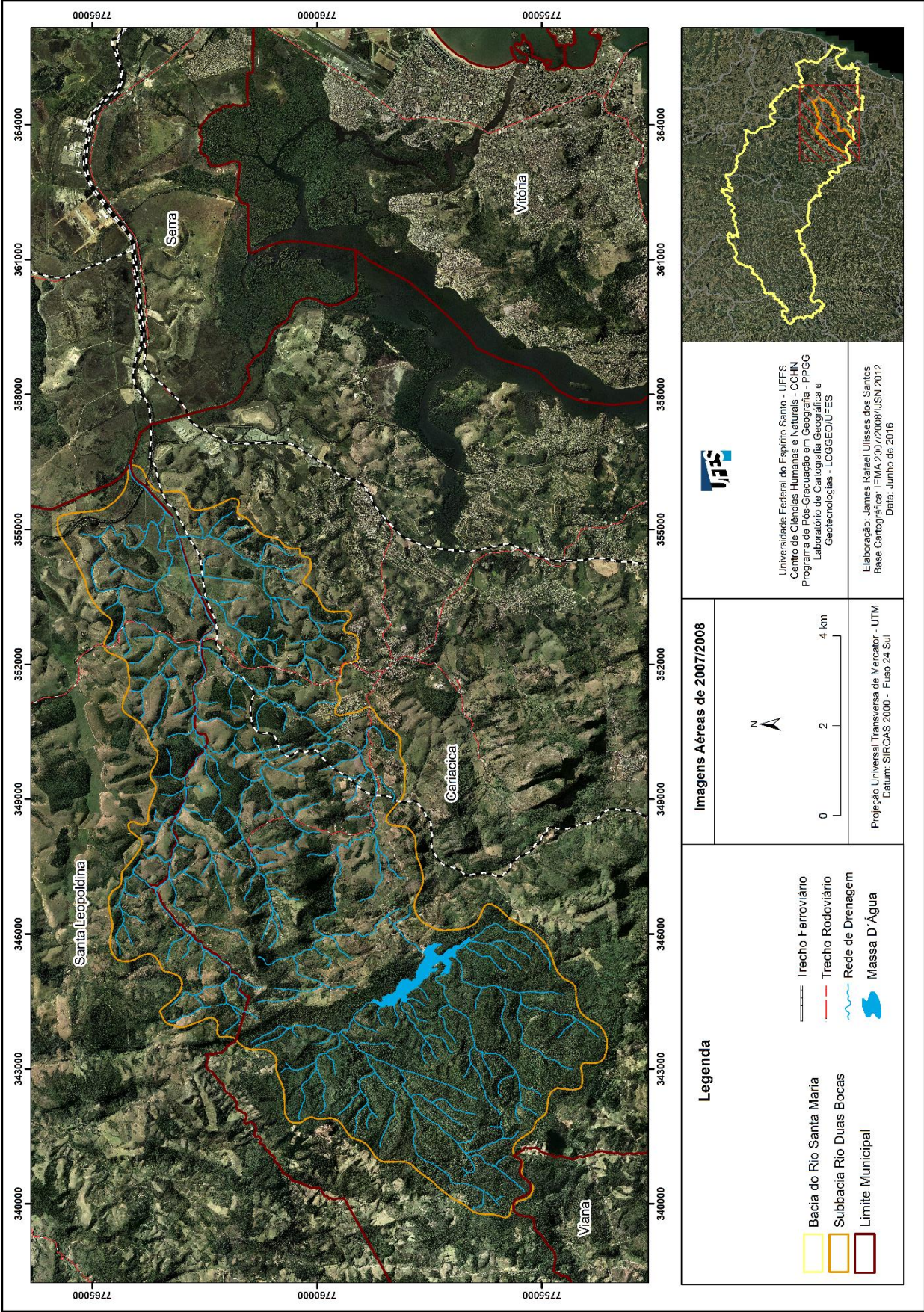
⁸ As imagens aéreas de foram adquiridas junto a HIPARC no ano de 2012, sendo o ano de início dos voos para a produção das mesmas, mas o projeto não foi finalizado e novos voos continuaram nos anos de 2013, 2014 e 2015, na escala de 1:5.000 e resolução espacial de 30x30cm. O uso e cobertura da terra atual foi elaborado com base nessas imagens de 2012.

Figura 13 - Fotografias aéreas da década de 1970, utilizada para fazer o uso e cobertura da terra de 1970



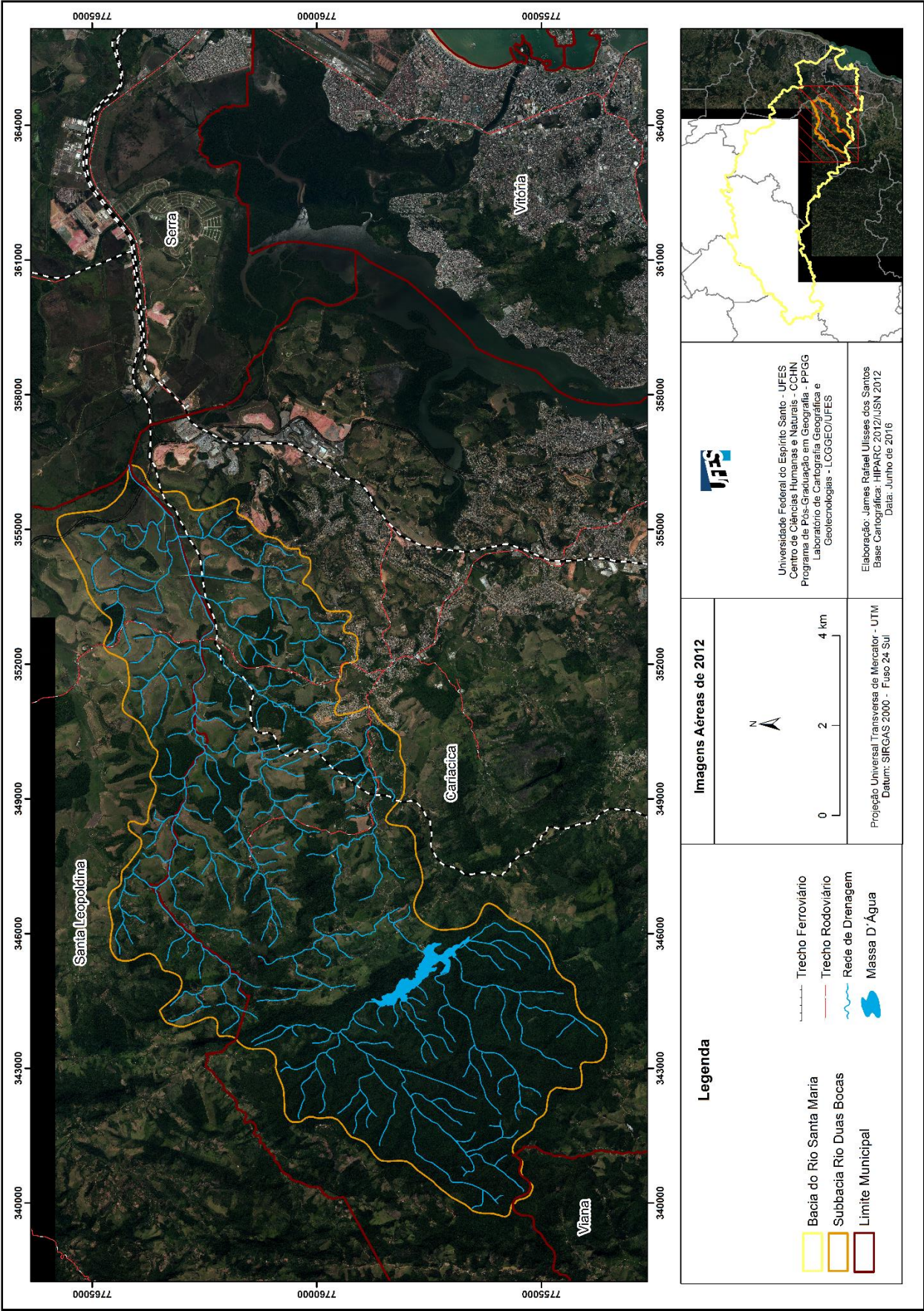
Fonte: IDAF (2015).

Figura 14 - Carta-Imagem Aérea dos anos 2007/2008, utilizada para fazer o uso e cobertura da terra de 2008



Fonte: IEMA, (2008).

Figura 15 - Carta-Imagem Aérea de 2012, utilizada para fazer o uso e cobertura da terra de 2012



Fonte: HIPARC (2012).

4.6 Levantamentos de Campo como Suporte para a Validação dos Mapas Temáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas – ES

A seguir são apresentadas as etapas dos levantamentos de campo na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas. As observações e os dados coletados foram necessários para a validação *in loco* dos mapas temáticos, elaborados em ambiente do Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).

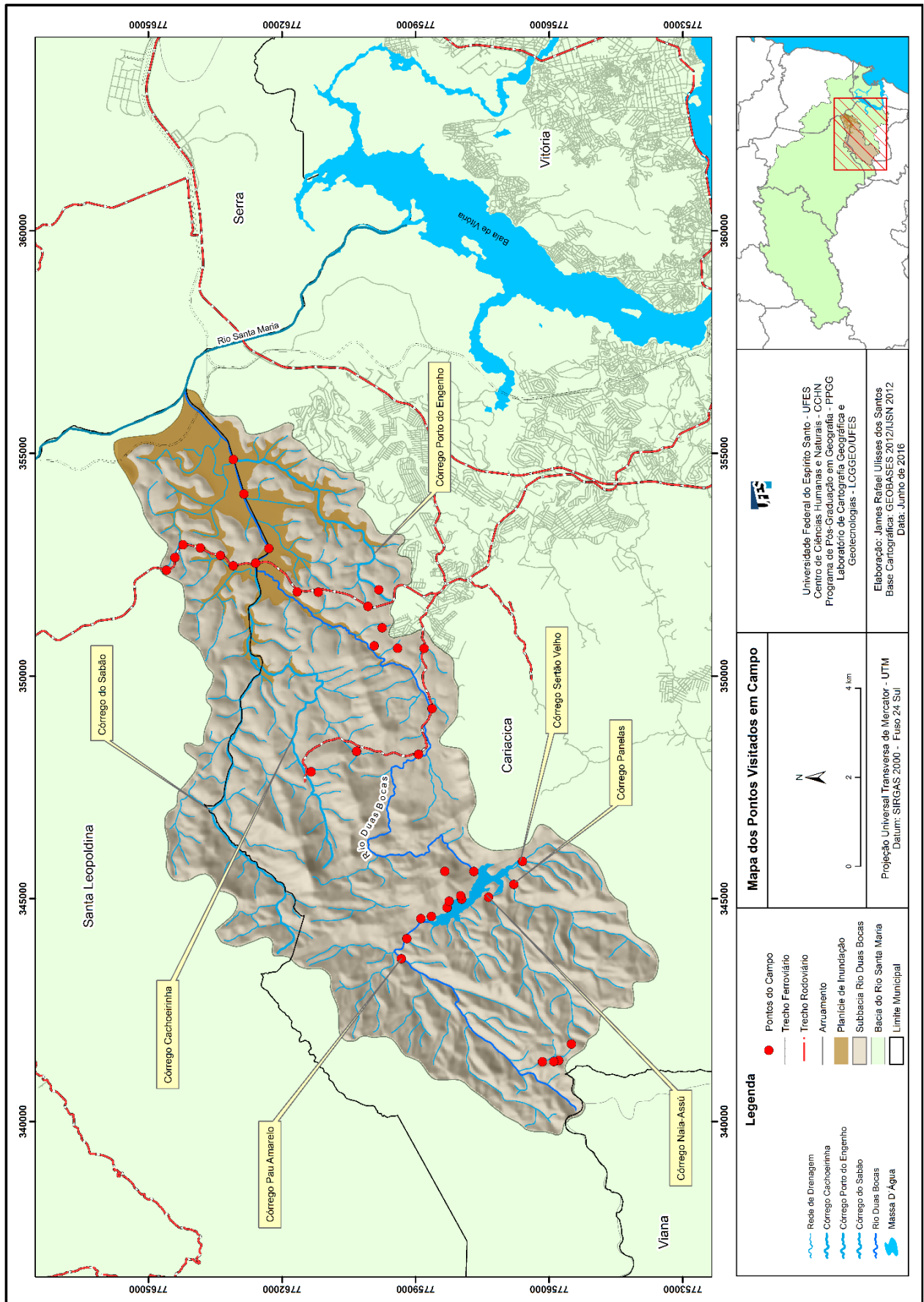
Os atributos da paisagem analisados em campo foram: unidades geomorfológicas, declividade das vertentes, unidades geológicas, rede hidrográfica, classes de solos e classes de uso e cobertura da terra. Pode-se destacar que todo material cartográfico elaborado em gabinete foi validado em campo, assim, dando maior confiabilidade aos resultados da pesquisa.

Os levantamentos de campo foram realizados em duas etapas, durante os anos de 2014 e 2015: a primeira ocorreu no segundo semestre de 2014, nos meses de junho (dia 11), agosto (dia 13) e novembro (dia 19), sendo uma visita a cada mês, tendo por objetivo fazer um reconhecimento prévio e criar um acervo iconográfico da área, para posteriormente estabelecer quais pontos da bacia deveriam ser analisados.

A segunda etapa ocorreu em 2015, nos meses de junho (dia 24), agosto (dia 12) e outubro (dia 21), após aquisição de parte das fotografias aéreas de 1970, das imagens aéreas de 2007/2008 e 2012, e do uso e cobertura da terra de 2007/2008. Com esses documentos cartográficos em mãos, realizou-se o reconhecimento dos elementos presentes na paisagem, observando, por exemplo, se as classes de uso da terra correspondiam a realidade em campo e se eram condizentes com as classes do mapeamento, e quais mudanças ocorreram na bacia conforme a interpretação das fotografias e imagens aéreas existentes.

Na Figura 16 são apresentados os pontos marcados em campo durante as visitas realizadas nos já citados dias, meses e anos na área de estudo. Para obter as coordenadas dos pontos foram utilizados o receptor *Global Positioning System (GPS)* de navegação *eTrex 10 Garmin*, disponibilizados pelo Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias - LCGGEO/UFES e o *GPS Essentials*, disponível gratuitamente para download na loja de aplicativos *Play Store* dos aparelhos de celular com sistema operacional *Android*.

Figura 16 - - Mapa localizando os pontos amostrais das visitas de campo na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas

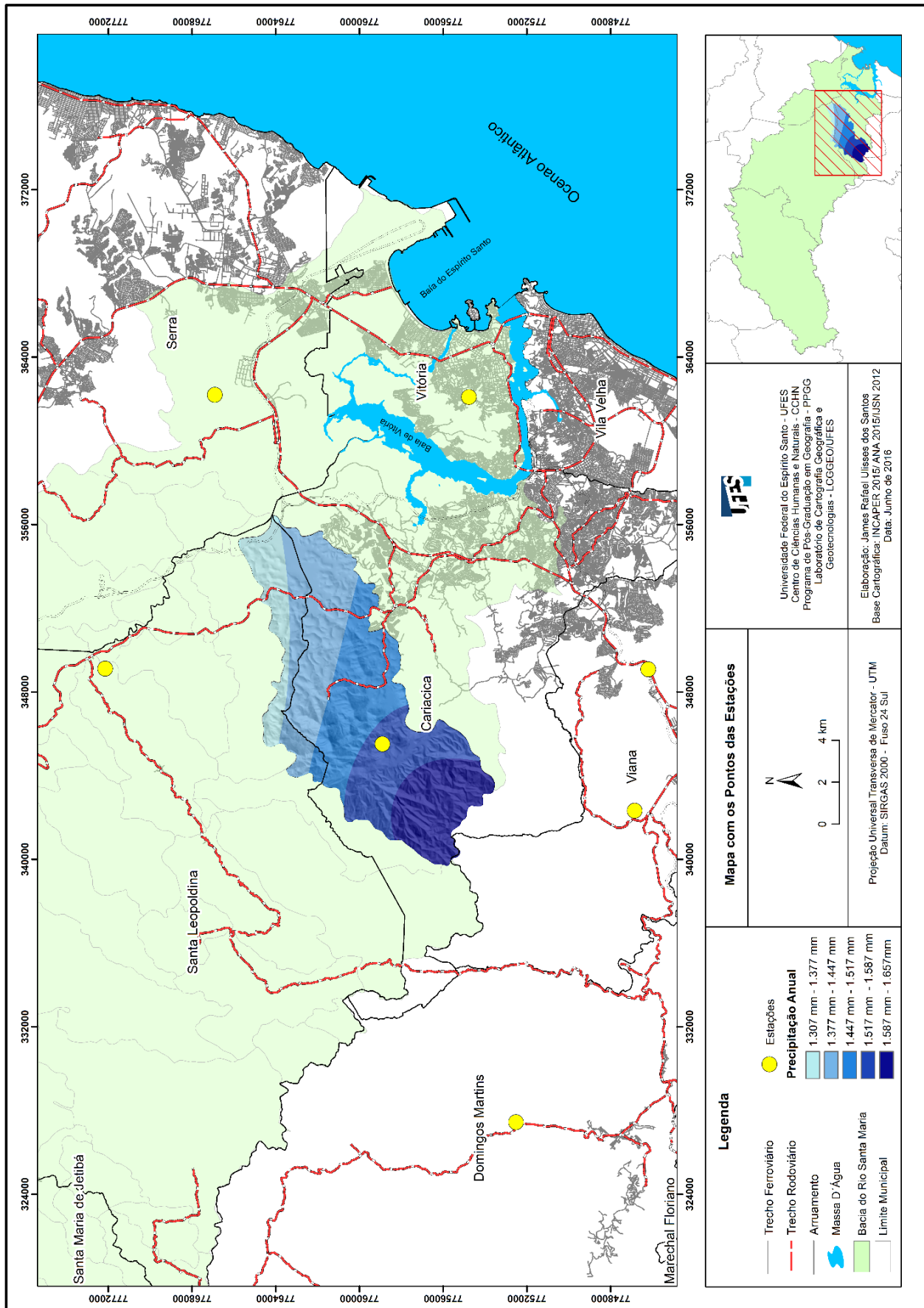


Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Os pontos marcados e plotados no mapa foram espacializados com base em locais estratégicos e de melhor acessibilidade dentro da bacia, como por exemplo: cabeceiras de drenagem e desembocadura dos principais córregos que deságuam na represa da Reserva Biológica de Duas Bocas, áreas onde foram instaladas as estações climatológicas, ao longo de trechos rodoviário e estradas de rodagem que cortam a bacia, pontes, nos cultivos agrícola de banana e café, pastagem e no perímetro urbano.

Na Figura 17 são representados os pontos correspondentes as estações meteorológicas utilizadas para a interpolação dos dados de chuva da normal climatológica, dos anos de 2008, 2012 e 2013.

Figura 17 - Mapa com a espacialização dos pontos das estações meteorológicas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

4.7 Procedimentos Técnico-Operacionais de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Elaboração dos Mapas Temáticos em Ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG's.

Os produtos temáticos desse estudo foram elaborados com auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto em SIG, sendo ferramentas essenciais no auxílio, de forma integrada, das pesquisas de vulnerabilidade erosiva em bacias hidrográficas. O *software* utilizado na elaboração de todos os produtos cartográficos temáticos, foi o ArcGIS 10.1TM. (ESRI, 2012).

Nessa pesquisa foram elaborados os seguintes mapas: localização da área de estudo, geológico, unidades geomorfológicas, classes de solos, classes de declividade, hidrografia, hipsometria, uso e cobertura da terra dos anos de 1970, 2008 e 2012, da distribuição de chuva da normal climatológica (1983 a 2013), dos anos de 2008, 2012 e 2013 e os mapas síntese da evolução da vulnerabilidade erosiva.

O mapa de localização da área de estudo foi elaborado utilizando-se os planos de informações cartográficos e funções específicas do programa, sendo trabalhos os dados vetoriais do limite dos estados brasileiros, limites municipais do Estado do Espírito Santo, os arruamentos, trechos rodoviários, trechos ferroviários, massa d'água e da rede hidrográfica que banham o Estado.

Para a delimitação da área de estudo foram utilizadas as ferramentas do *ArcMap: Selection* → *Select By Attributes*, selecionando o limite da bacia de Duas Bocas pelo layer das bacias hidrográficas do Estado do Espírito Santo, posteriormente realizando-se o processo de corte da rede hidrográfica e os demais atributos pelo limite da área de estudo, dando origem ao mapa de localização. Os produtos cartográficos para esse estudo foram trabalhados na escala espacial de 1:100.000 (na visualização do computador a escala ficou de 1:70.000), o Sistema de Coordenadas foi o Universal Transversa de Mercator – UTM⁹ (m), o Datum adotado foi o Sirgas 2000¹⁰, cujo o fuso é 24 sul.

⁹Todos os dados vetoriais e matriciais (raster) utilizados nesse estudo estão no sistema de coordenadas UTM, e no Datum: Sirgas 2000, fuso horário 24 Sul.

¹⁰Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) passou a ser o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Sendo que entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, já era admitido e seu uso. Além do SIRGAS2000, outros sistemas de referências também podiam ser utilizados como o SAD 69 (South American Datum 1969) e o Córrego Alegre. A adoção de

A espacialização da pluviosidade da normal climatológica (anos de 1983 a 2013), e dos anos de 2008, 2012 e 2013, foram realizadas no interpolador *Spline* do software supracitado, mas para isso foi necessário realizar a tabulação dos dados dos totais pluviométricos correspondentes a cada série histórica de chuva, sendo esses dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), e pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Coordenadas das estações e dos anos da série histórica de dados de chuva fornecidos pela ANA, necessários para elaboração da normal climatológica da área de estudo

Órgão Responsável	Latitude	Longitude	Normal Climatológica
ANA	349080	7746202	1983 - 2013
ANA	345027	7741892	1983 - 2013
ANA	345511	7758901	1983 - 2013
ANA	362193	7766912	1983 - 2013
ANA	349115	7772150	1983 - 2013
ANA	334470	7778482	1983 - 2013
ANA	340271	7776687	1983 - 2013
ANA	327439	7752519	1983 - 2013
ANA	357820	7730867	1983 - 2013

Fonte: ANA (2015). Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 5 - Coordenadas das estações e dos anos da série histórica de dados de chuva fornecidos pelo INCAPER, necessários para elaboração da normal climatológica da área de estudo

Órgão Responsável	Latitude	Longitude	Normal Climatológica
INCAPER	331966	7778967	1969 - 1998
INCAPER	324497	7742027	1969 - 1998
INCAPER	340249	7776720	1969 - 1998
INCAPER	342323	7746853	1983 - 2013
INCAPER	362095	7754769	1983 - 2013
INCAPER	334799	7789068	1983 - 2013

Fonte: INCAPER (2015). Elaborado pelo autor (2015).

Após a aquisição, tabulação e análise dos dados da precipitação, realizou-se a interpolação das informações em ambiente SIG para a geração dos mapas das distribuições de chuva da área de estudo, utilizando como interpolador o *Spline*, como descrito a seguir:

O *Spline* é uma ferramenta usada como um método de interpolação que estima os valores utilizando uma função matemática de curvatura que minimizar a superfície,

outros sistemas que não possuam respaldo em lei pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas (IBGE, 2015).

resultando em uma superfície lisa que passa exatamente através dos pontos de entrada, conceitualmente, os pontos de amostragem são estruturados à altura de sua magnitude. Esse método se encaixa em uma função matemática, determinando o número de pontos de entrada mais próximos enquanto passa pelos pontos de amostragem, sendo considerado o melhor método para a geração de superfícies com suavidade de diferentes elevações, altitudes (ESRI, 2012).

Em ambiente SIG, antes do processamento, ao inserir a tabela com os dados na extensão *ArcMap*, clicou-se com o botão direito do mouse na *layer* e em display X, Y → *data*, escolheu-se as coordenadas X, Y e Z (Z representa a altitude), esse procedimento é necessário para transformar os arquivos do Office Excel 2007 (XML) na extensão *shapefile*.

Após essa etapa, em: *Spatial Analyst Tool* → *Interpolation* → *Spline* → *input point features*, insere-se os dados da distribuição dos totais pluviométricos, e em *Output cell size* se determina o valor da célula (tamanho do pixel), que para esse estudo foi de 10m, na opção *Weight* o valor padrão do programa como fator de influência das estações é de 0,1, mas nesse estudo adotou-se o valor 0,9, dando mais influencia as estações e distribuindo melhor a chuva. E na opção *Number of points* permaneceu o valor 12 referente ao número das estações.

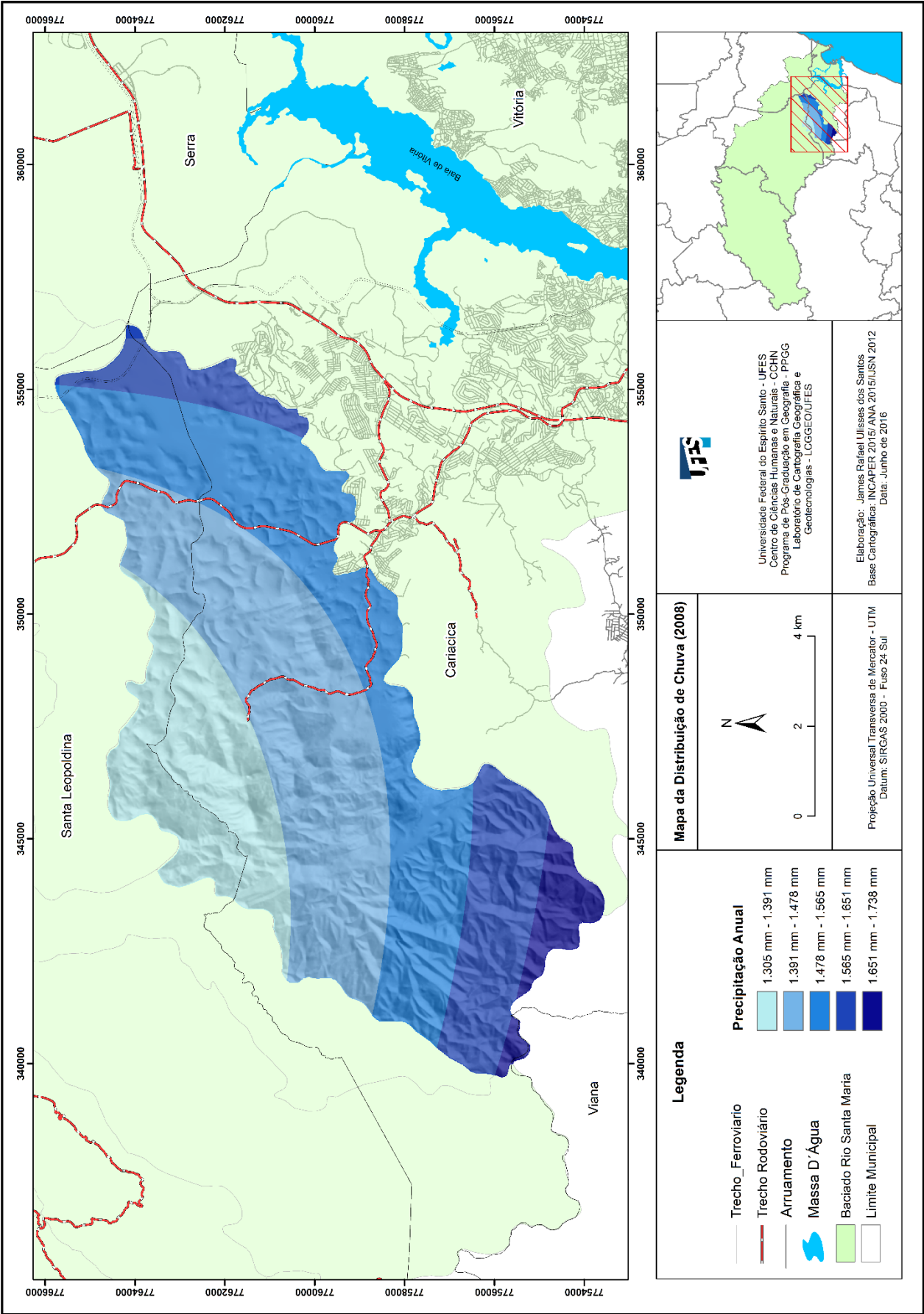
O mapa que caracteriza a pluviosidade da área de estudo foi elaborado por meio da interpolação anual dos totais pluviométricos da normal climatológica, tratando-se da série histórica de 1983 a 2013. A adoção da normal climatológica foi em função da inexistência de dados de chuva referente ao ano de 1970, para a modelagem da vulnerabilidade erosiva desse referido ano. Sendo assim, os intervalos pluviométricos referentes a normal foram de: 1.307 a 1.377 mm, 1.377 a 1.447 mm, 1.447 a 1.517 mm, 1.517 a 1.587 mm, 1.587 a 1.657 mm.

Para tanto, os dados pluviométricos de entrada para a modelagem da vulnerabilidade erosiva de 2008 foram dos totais de chuva anual de 2008, apresentando intervalos com variação de amplitude de: 1.305 a 1.391mm, 1.391 a 1.478 mm, 1.478 a 1.565 mm, 1.565 a 1.651mm, 1.651 a 1.738mm. (Figura 18).

Entretanto, para o processamento da modelagem dos cenários comparativos de 2008, o processo foi executado da seguinte da maneira, conforme a metodologia adotada:

no cenário 1, as variáveis utilizadas para no cruzamento foram a declividade, solos, uso e cobertura da terra de 2008 e os totais pluviométricos referentes a normal climatológica (1983-2013), em formato raster com tamanho do pixel de 10m. Com relação ao cenário 2, o procedimento de cruzamento e as variáveis declividade, solos e uso da terra, foram as mesmas, com exceção para os totais pluviométricos, que correspondeu aos dados de chuva do ano de 2008. As camadas também estavam em formato raster e com tamanho do pixel de 10m.

Figura 18 Distribuição total da chuva do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



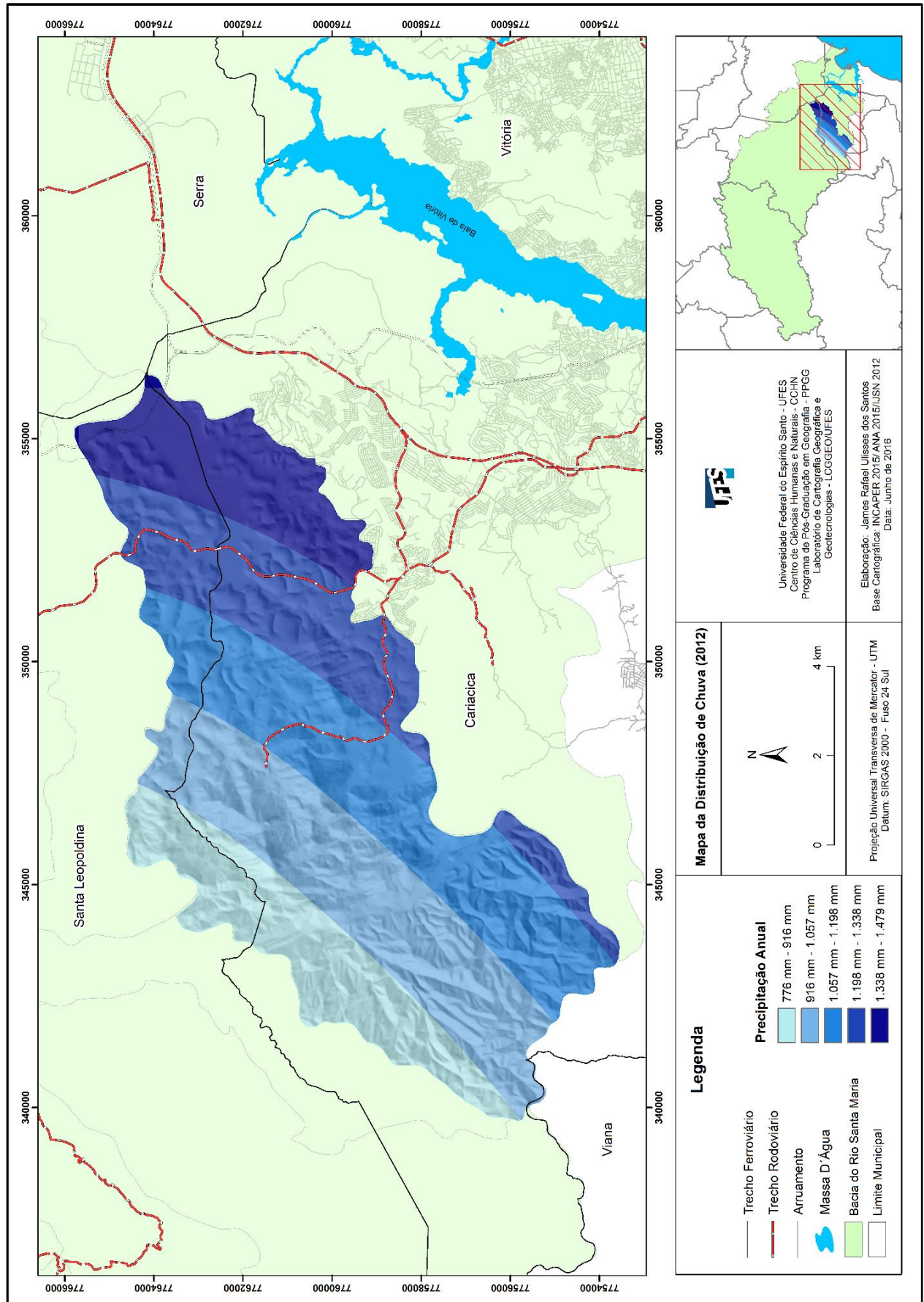
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para a modelagem da vulnerabilidade erosiva de 2012 foram utilizados os totais pluviométricos referentes a esse mesmo ano. Sendo destacado que, a precipitação de 2012, foi a menor em relação aos outros anos analisados nesse estudo, assim, evidenciando um *déficit* na precipitação registrada, tanto dentro da área de estudos, como para o Estado do Espírito Santo, fato que configurou um ano hidrológico com quantidades de chuva muito abaixo do previsto.

Com a interpolação os intervalos da precipitação registrados para 2012 foram de: 776 a 916mm, 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm, 1.198 a 1.338mm, 1.338 a 1.479mm (Figura 19). No caso da interpolação dos totais pluviométricos do ano de 2013, os procedimentos e o interpolador foi o mesmo como nos demais anos estudados, e apresentando intervalos variando de: 1.909 a 1.937mm, 1.937 a 1.966mm, 1.966 a 1.994mm, 1.994 a 2.023mm, 2.023 a 2.051mm.

A modelagem dos cenários comparativos de 2012, seguiu-se o mesmo procedimento dos cenários de 2008. No cenário 1 as variáveis utilizadas no cruzamento foram a declividade, solos, uso e cobertura da terra de 2012 e os totais pluviométricos em função da normal climatológica, em formato raster com tamanho do pixel de 10m. Já com relação as variáveis do cenário 2, utilizou-se também a declividade, solos e o uso da terra de 2008, tendo como único fator diferencial foi das demais variáveis, os totais pluviométricos referentes ao ano de 2012.

Figura 19 - Distribuição total de chuva de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Nessa pesquisa, devido a uma discrepância na amplitude nos intervalos dos totais pluviométricos dos anos estudados, houve a necessidade de se estabelecer uma padronização dos intervalos das classes e nos pesos. Desse modo, para exemplificar essa padronização tomou-se como referência as precipitações dos anos de 2012 e 2013, como demonstrado a seguir:

Os totais pluviométricos de 2012 foram os menores em relação aos demais anos analisados, com valores das classes de: 776 a 916 mm, 916 a 1.057 mm, 1.057 a 1.198 mm, 1.198 a 1.338 mm, 1.338 a 1.479 mm. Dessa forma, em 2013 as classes apresentaram intervalos de: 1.909 a 1.937 mm, 1.937 a 1.966 mm, 1.966 a 1.994 mm, 1.994 a 2.023 mm, 2.023 a 2.051 mm.

Sendo assim, para corrigir a discrepância dos dados de chuva e definir os pesos para cada intervalo nos períodos estudados, adotou-se o seguinte procedimento: subtraiu-se a maior classe de chuva do período mais chuvoso que foi de 2.051 mm, pela menor que foi de 776 mm, obtendo-se 1.275mm; posteriormente esse valor foi dividido por 5, que corresponde aos intervalos de classes estabelecidos para a área, tendo como resultado 255mm. O resultado dessa divisão foi somado a cada classe de chuva, gerando-se uma padronização com os respectivos pesos atribuídos aos intervalos, como demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Padronização dos totais pluviométricos dos quatro anos estudados

Padronização das classes de Pluviosidade	Pesos da Interpolação
776 mm à 1031 mm	1
1031 mm à 1286 mm	2
1286 mm à 1541 mm	3
1541 mm à 1796 mm	4
1796 mm à 2051 mm	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para a elaboração do mapa geológico teve-se como base os dados cartográficos primários disponibilizados pelo CPRM (2012) na escala de 1:100.000, sendo feitas algumas adaptações e correlacionando com o mapeamento geológico realizado durante a execução do projeto RADAMBRASIL (1983). Os procedimentos operacionais executados são apresentados a seguir:

Na extensão *ArcMap*, inseriu-se o *PDF* do mapeamento geológico correspondente ao Espírito Santo e parte de Minas Gerais, sendo posteriormente realizado os processos de georreferenciamento e vetorização da porção que compreende a bacia de Duas Bocas. Contudo, devido o material estar no formato *PDF*, houve a necessidade de gerreferenciar as informações encontradas no mapa primário, depois criando polígonos e transformando para a extensão *shapefile*.

No caso do processo de vetorização, utilizou-se como ferramenta do *software* as seguintes: *Editor* → *Start Editing* → *Create Features* → *Construction Tool*. Após esse procedimento escolheu-se as funções e o tipo de construção, como por exemplo, polígono, retângulo e/ou circular. O processo de georreferenciamento e vetorização da geologia foi necessária para que o plano de informação ficasse no mesmo sistema de referência dos demais *PIs*, e com isso tornar-se compatível com a área de estudo.

A construção do mapa das unidades geomorfológicas teve como base o mapeamento geomorfológico do Estado do Espírito Santo (desenvolvido numa parceria entre o Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias - LCGGEO/UFES e a divisão de geoprocessamento do Instituto Jones dos Santos Neves – IJSN). No entanto, esse mapeamento foi um refinamento do mapeamento dos aspectos físicos/naturais do Brasil, realizado pelo Projeto RADAMBRASIL de 1983.

Para a elaboração do mapa das unidades geomorfológicas, foi recortado do mapeamento geomorfológico do Estado a parte correspondente a área de estudo, nas seguintes funções do *software*: no *ArcMap* → *Selection* → *Select By Location*, selecionado o *PI* das unidades geomorfológicas de todo o Estado pelo limite da bacia, depois em *Selectction* → *Create Layer From Selected Features*, marcando em definitivo somente o polígono das unidades geomorfológicas. Podendo-se ainda, cortar o polígono na ferramenta *Geoprocessing* → *Clip*.

O mapa das classes de solos da bacia foi classificado com apoio no mapeamento pedológico da Embrapa dos anos de 1979, 1999, 2006 e 2013, no entanto, devido as mudanças de nomenclatura nas classes de solos em cada nova classificação, adotou-se a classificação mais recente de 2013, sendo espacilizada com cinco classes. Essa reclassificação foi realizada com a inserção da *layer* na extensão *shapefile* dos solos do Brasil, sendo posteriormente, recortado pelo limite da bacia nas funções:

Selection→ *Select By Location*, depois em *Selection*→ *Create Layer From Selected Features*, da extensão *ArcMap*.

As classes de solos é uma das variáveis essenciais para a análise integrada da paisagem na determinação da vulnerabilidade erosiva, mas, para isso, é preciso transformar a *layer* do formato vetorial para matricial (*raster*) no *ArcMap*, já a atribuição dos pesos é feita preferencialmente no formato vetorial, (podendo ser também atribuído os pesos das *layers* no formato *raster*).

Após esse procedimento, transformou a *layer* de vetorial para raster, e com os pesos já pré-determinados, processou-se nas referidas ferramentas do *ArcMap*: *ArcToolbox* → *Conversion Tool* → *To Raster* → *Polygon to Raster*. Esse processamento é necessário, pois o cruzamento desta camada com os outros *layers*, dará origem aos mapas da vulnerabilidade erosiva.

Os níveis de vulnerabilidade para as classes solos foram determinadas por Ross (1994), estabelecendo classes de fragilidade, que nesse caso trata-se da erodibilidade dos solos, levando em consideração o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais (Tabela 7).

Tabela 7 - Níveis de vulnerabilidade das classes de solos

Níveis de Vulnerabilidade	Classes de Solos
Muito Baixa (1)	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
Baixa (2)	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Média (3)	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho – Amarelo textura média/argilosa.
Forte (4)	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa Cambissolos
Muito Forte (5)	Solos Litólicos, Areias Quartzosas

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Com relação aos níveis de vulnerabilidade para solos da bacia de Duas Bocas, são representados na Tabela 5 abaixo, sendo referentes a cada classe de solo, além da textura associada às formas de relevo e os respectivos pesos atribuídos à cada classe de solo, conforma a metodologia proposta por Ross (1994). (Tabela 8)

Tabela 8 - Classificação hierárquica dos solos da área de estudo com as classes de vulnerabilidade, textura e formas de relevo, determinados por Ross (1994), para os solos suscetíveis a erosão

Níveis de Vulnerabilidade	Classes de Solos	Textura	Relevo	Pesos
1 - Muito Baixa	Latossolo Vermelho – Amarelo	Argilosa	Forte Ondulado	1
2 - Baixa	Gleissolos	Argilosa	Plano	3
3 - Média	Latossolo Vermelho - Amarelo/ Argissolos	Argilosa e Muito Argilosa	Ondulado e Forte Ondulado	2
4 - Forte	Cambissolo Háplico	Argilosa e Média	Montanhoso e Escarpado	4
5 - Muito Forte	Neossolo Litólico	Argilosa e Média	Montanhoso e Escarpado	5

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015).

A elaboração do mapa da hidrografia teve como base a *layer* da rede de drenagem de o Estado do Espírito Santo, onde no *ArcMap*, nas ferramentas: *Selection* → *Select By Location* foi intersectada e cortada a rede de drenagem de todo o Estado pelo polígono do limite da bacia. Posteriormente em *Create Layer From Selected Features*, da *extensão ArcMap*, foi selecionada a *layer* da drenagem que intersecta a bacia, e recortada sua delimitação exata, em *Geoprocessing* → *Clip*.

A declividade é outra variável de extrema relevância na análise da vulnerabilidade erosiva em bacias hidrográficas, principalmente quando o estudo é realizado por meio da análise integrada da paisagem. O mapa da declividade foi elaborado de acordo com as classes propostas por Ross (1994) e Amaral e Ross (2009), sendo correlacionadas com os níveis hierárquicos de vulnerabilidade, que vão de muito baixo, baixo, médio, alto a muito alta (Para estudo em questão essa hierarquia foi determinada com as classes de muito baixo, baixo, médio e alto, tendo a ausência da classe ou nível muito alto).

Os intervalos das classes de declividade tiveram que ser adaptados, acrescentando mais três classes, para se adequar aos parâmetros altimétricos da bacia. Ross (1994) e Amaral e Ross (2009) estabeleceram cinco classes de intervalos, que para esse estudo foram reclassificadas em sete classes, da seguinte forma: (< 6%, 6% a 12%, 12% a 20%, 20% a 30%, 30% a 45%, 45% a 60% e > 60%), como representado na Tabela 9.

Tabela 9 - Categorias hierárquicas da vulnerabilidade e porcentagem das classes de declividade

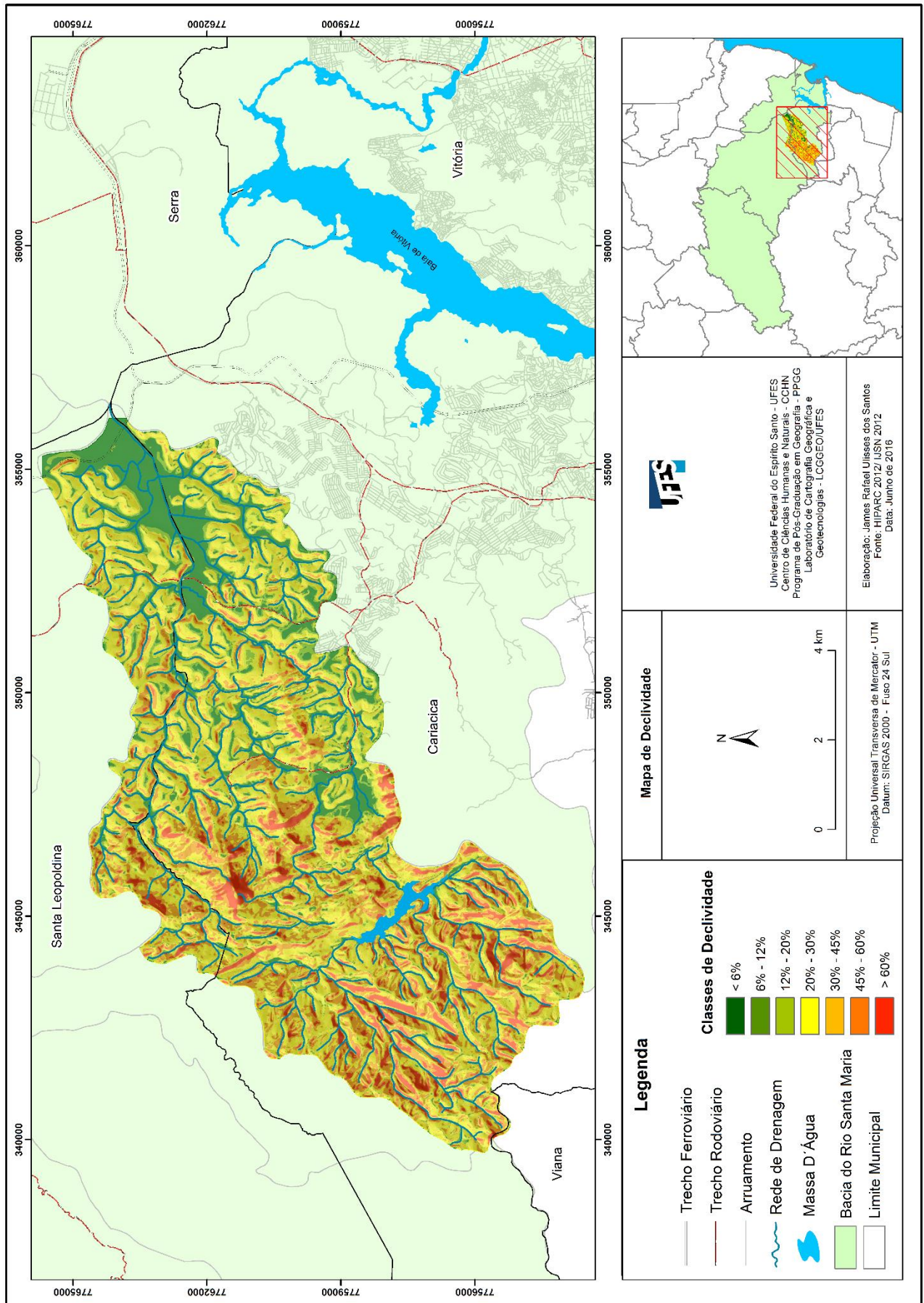
Categorias Hierárquicas dos Níveis de Vulnerabilidade	Classes de Declividade (%)
Muito Baixa (1)	< 6%
Baixa (2)	6 a 12%
Média Baixa (3)	12 a 20%
Média (3)	20 a 30%
Média Alta (4)	30 a 45%
Alta (4)	45 a 60%
Muito Alta (5)	> 60%

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

O mapa das classes de declividade¹¹ foi construído a partir da interpolação das curvas de nível com equidistância de 5 em 5 metros, que gerou uma imagem raster, sendo utilizadas as seguintes ferramenta da extensão *ArcMap*: *ArcToolbox* → *3D Analyst tools* → *Raster Interpolation* → *Top to Raster*. Após a geração da imagem no formato *raster*, em *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Slope*, criou-se o mapa da declividade, mas, tendo que ser reclassificado de acordo como intervalos de classes modificadas de Ross (1994) e Amaral e Ross (2009), em *Raster Reclass* → *Reclassify* (Figura 20).

¹¹ O mapa das classes de declividade pode ser gerado também direto de imagem raster SRTM, fornecidas no Brasil pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (SRTM com pixel de 90m), pelo Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA e as Imagens Raster GEM, disponibilizadas pelo Serviço Geológico Norte Americano – USGS.

Figura 20 - Mapa das classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



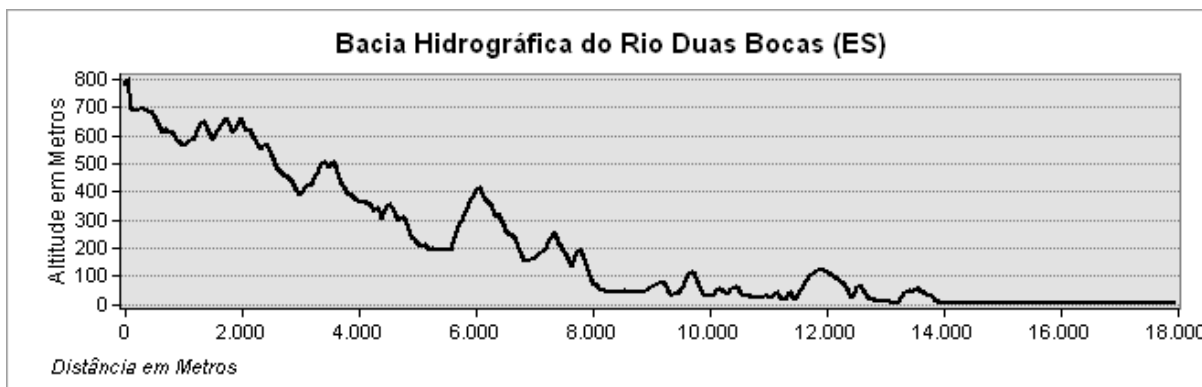
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O Modelo Digital de Elevação (MDE), Hipsometria ou Grade Triangular Irregular (TIN) é um componente importante para representar as altitudes de uma dada área. No caso da bacia de Duas Bocas, o MDE foi gerado a partir das curvas de nível com equidistância de 5 em 5 metros. Os procedimentos adotados em sua elaboração na extensão ArcMap, seguiu-se os passos a passos: *ArcMapa: ArcToolbox → 3D Analyst tools → Data Management → TIN → Create TIN*.

Sendo assim, a amplitude altimétrica da área classificada em oito classes, com intervalos entre 0 a 100m, 100 a 200 m, 200 a 300 m, 300 a 400 m, 400 a 500 m, 500 m a 600 m, 600 a 700 m e 700 a 800 m. Assim, as menores altitudes ficaram entre 0m a 200m no sentido jusante ao centro da bacia, em relevo plano, suave ondulado e ondulado, sendo correlacionadas com as unidades geomorfológicas das Planícies Fluviais, Tabuleiros Costeiros e das Colinas e Maciços Costeiros.

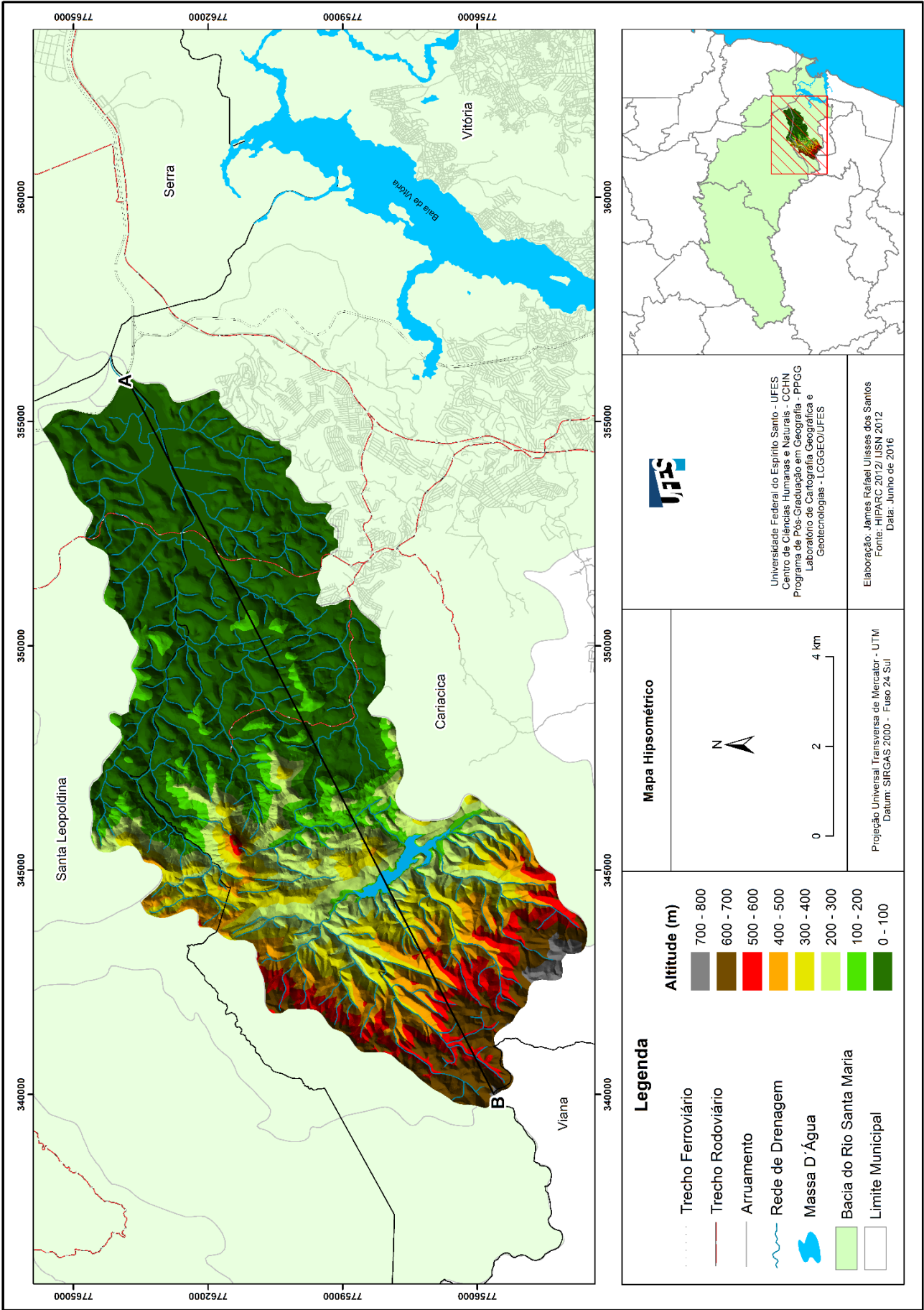
Já as maiores altitudes são encontradas no sentido central à montante, com cotas iniciando em 200m e alcançando os valores máximos de 800m, em relevo forte ondulado e montanhoso, com declividade de 30% a 45%, 45% a 60% e acima de 60%. O gráfico da Figura 21 representa o perfil topográfico da bacia iniciando da jusante à montante, e a Figura 22 é representa o mapa hipsométrico da bacia, podendo ser observado na linha tracejada que vai do ponto A ao B, as mudanças de altitude, onde os menores intervalos de altitudes iniciam em A e os de maiores terminam em B. A unidade geomorfológica que compreende essas altimetrias são os Patamares Escalonados Sul Capixabas.

Figura 21 - Perfil topográfico da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, traçado de jusante a montante



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 22 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

As classes de uso e cobertura da terra foram geradas com base nas fotografias aéreas e imagens aéreas ortorretificadas. No caso de 1970, a classificação foi realizada tendo como suporte as fotografias aéreas de 1970 e no uso e cobertura da terra de 2008, este que foi elaborado com base nas imagens aéreas 2007/2008. O uso da terra de 2012 foi classificado com apoio das imagens aéreas de 2012/2014, e também do uso da terra de 2007/2008.

No entanto, como já apresentado, houve a necessidade de reclassificar o uso e cobertura da terra de 2012 com respaldo no uso de 2008, visto que, algumas classes não correspondem ao mesmo tipo de uso encontrado com nos levantamentos de campo atuais. Sendo assim, a reclassificação dá-se da seguinte forma:

A reclassificação de um arquivo constitui-se na substituição de valores de entidades gráficas por outros, conforme a necessidade do uso usuário. Ao se trabalhar com arquivos matriciais, cada *pixel* pode ser redefinido de acordo com parâmetros predeterminados. Para tal, pode-se fazer uso de rotinas específicas, como a multiplicação dos *pixels* da imagem por um determinado escalar, ou a substituição de todos os valores inferiores a um determinado padrão por um valor fixo, ou ainda tantas outras possibilidades. Dessa forma, a imagem original é alterada com a criação de novas categorias a partir desta (FITZ, 2008, p.86-87)

As reclassificações das classes de uso e cobertura da terra seguiu-se a proposta de Ross (1994), e do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006). A técnica de classificação adotada em SIG, foi da vetorização manual, também denominada de vetorização em tela, que, conforme Fitz (2008):

[...] o processo é realizado diretamente na tela do computador. Para isso, faz necessária uma imagem previamente rasterizada, a qual será desenhada com auxílio de um *mouse* comum, cujo cursor, que aparece na tela, serve de indicador para o caminho a ser percorrido pelo operador. A vetorização em tela tende a ser bem mais precisa do que a realizada em mesa digitalizadora, em virtude dos recursos de *zoom* que os programas oferecem. Essa precisão está também diretamente ligada à qualidade da imagem digital [...] (FITZ, 2008, p.67).

Os procedimentos operacionais foram executados na extensão *ArcMapa* da seguinte forma: após inserir o uso de 2008 e as imagens de áreas de 2012, foram os utilizados os seguintes comandos: *Editor* → *Start Editing* → *Create Features*, escolhendo-se as classes de uso, em *Construction Tools*, e depois realizou-se o processo de vetorização sobre a imagem. Posteriormente ao processo de vetorização, foram reclassificadas e criadas as classes de uso e cobertura da terra atual. Nesse processo aplicou-se também a técnica da tipologia para corrigir os erros existentes de divergência (afastamento) e/ou sobreposição entre os polígonos.

Os mapas sínteses da Vulnerabilidade Erosiva tem como propósito, por meio de uma análise integrada, estudar os componentes da paisagem (declividade, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade), com base na proposta de Ross (1994) e aprimorada por Amaral e Ross (2009); que tiveram com alicerce o conceito de ecodinâmica de Tricart (1977). A Tabela 10 abaixo apresenta as classes de uso e cobertura da terra com seus respectivos pesos quanto a vulnerabilidade erosiva.

Tabela 10 - Classe de uso e cobertura da terra e os respectivos pesos atribuídos que determinam a influência na vulnerabilidade à erosão dos solos

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Influência na Vulnerabilidade Erosiva
Vegetação Natural	1
Área com Proteção da Vegetação/ Cultura Permanente	2
Pasto	3
Culturas Temporárias	4
Uso Antrópico	5
Área Urbana	6
Voçoroca/em processo agravado de erosão e Solo Exposto	7

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para a geração dos mapas sínteses da Vulnerabilidade Erosiva seguiu-se o princípio da sobreposição lógica, também conhecida como análise/modelagem booleana, que compreende a combinação lógica de mapas derivados de operações estabelecendo situações, onde cada mapa manipulado com suas características particulares, evidencia-se como um plano de informação (*PI*) (MEIRELLES et al., 2007).

Na perspectiva ainda de Meirelles *et al.*, (2007), com relação a modelagem e tendo como base a sobreposição utilizando pesos, destacam que a forma mais simples de se atribuir pesos aos mapas é quando os dados de entrada são binários, tendo um fator de peso único. Por outro lado, ao se trabalhar com mapas de classes variadas, são atribuídos pesos diferentes para cada classe, verificando um sistema analítico configurado por uma maior flexibilidade de pesos.

Desse modo, nesse estudo, após a conversão dos *PIs* das variáveis necessárias, do formato vetorial para matricial, adotou-se os seguintes procedimentos para realização do cálculo da vulnerabilidade erosiva dos anos do 1970, 2008, 2012 e 2013, na extensão *ArcMap*, nas ferramentas: *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Map*

Álgebra → *Raster Calculator*, calculou-se as variáveis naturais e antrópicas. Assim somou-se as classes de declividade, classes de solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade, dividindo-se por 4 com uma média simples, conforme demonstrado na Equação (1) abaixo:

Equação 1: Fórmula para o cálculo da vulnerabilidade erosiva

$$VE = \frac{D + S + UCT + P}{4} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo: *VE* = Vulnerabilidade Erosiva, logo: *D* = Declividade, *S* = Classes de Solos, *UCT* = Uso e Cobertura da Terra e *P* = Pluviosidade.

Para a modelagem da vulnerabilidade erosiva da área de estudo foram utilizadas como variáveis para o cruzamento a declividade, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade, no entanto, na elaboração dos mapas sínteses houve a necessidade de transformar os planos de informações que estavam no formato vetorial para o formato matricial (raster), visto que, para se modelar as variáveis e gerar os mapas síntese de vulnerabilidade, os *PIs* devem estar no formato raster.

Dessa forma, o *PI* da declividade foi elaborado com base na interpolação das curvas de nível com equidistância de 5m x 5m, e resolução espacial com tamanho do pixel de 10m, sendo posteriormente criado na função slope o mapa da declividade e reclassificado para as classes determinadas na metodologia proposta.

No caso do *PI* dos solos, criou-se um novo campo na tabela de atributos onde foram atribuídos pesos específicos para cada classe, em seguida, realizou-se a transformação das classes de solos do formato vetorial para o matricial com resolução espacial de 10m cada pixel.

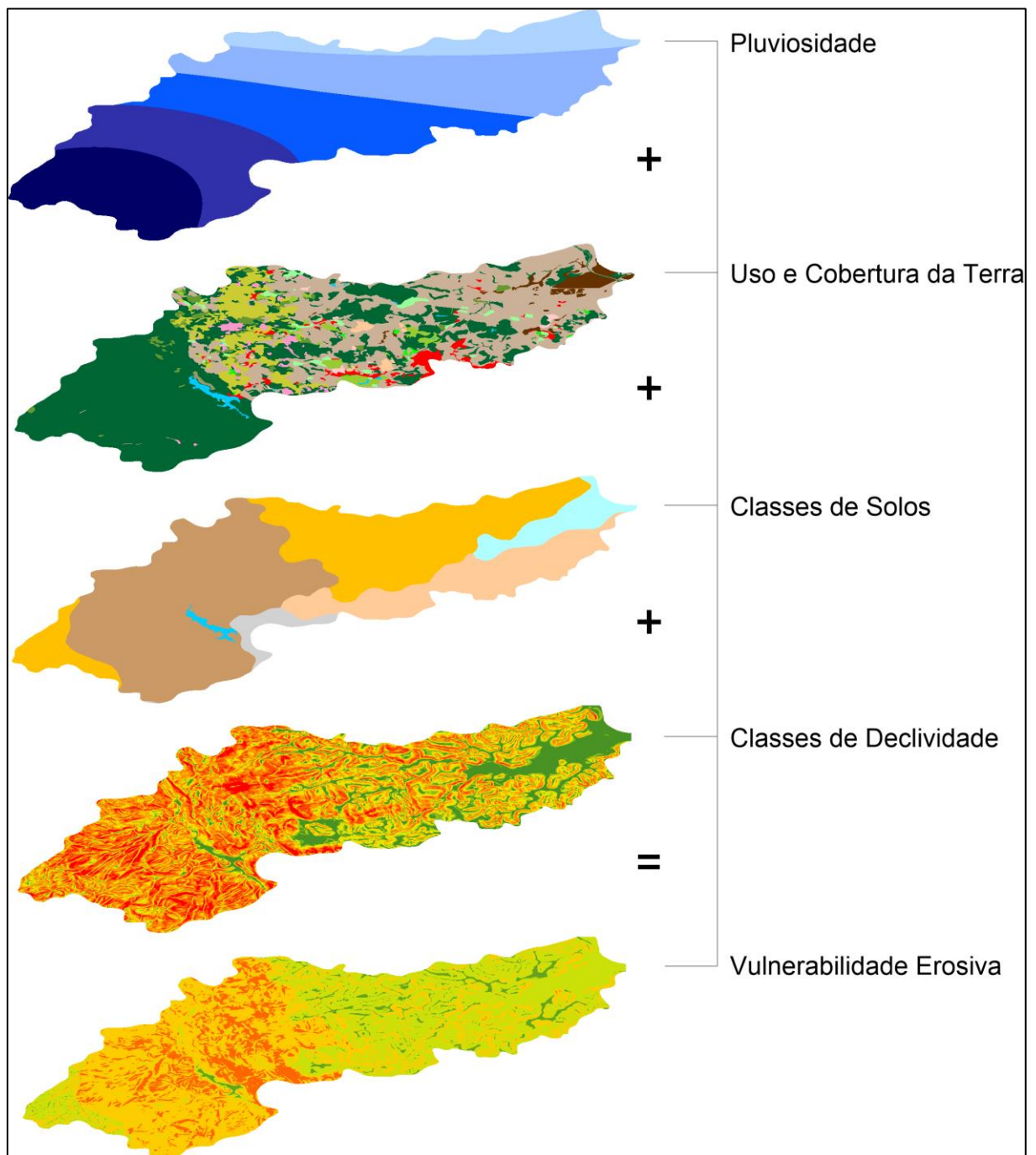
Já com relação aos *PIs* do uso e cobertura da terra (anos de 1970, 2008 e 2012), criou-se um novo campo na tabela de atributos e foram atribuídos pesos de acordo com a metodologia proposta, sendo na sequência transformados os *PIs* do formato vetorial para matricial, onde cada pixel tem o tamanho de 10m de resolução espacial.

Os dados de chuva que deram origem aos *PIs* de pluviosidade foram interpolados no interpolador *Spline* do software específico, dessa forma, após o processo de

interpolação gerou-se os produtos cartográficos dos totais pluviométricos acumulados referentes a normal climatológica e aos anos de 2008,2012 e 2013. Em seguida todos os *PIs* foram reclassificados com resolução espacial de 10m cada pixel, em cinco classes e padronizados, corrigindo algumas discrepâncias para a entrada no cálculo do modelo.

Contudo, as camadas abaixo representam a forma como os *PIs* foram cruzados na *Raster Calculator do ArcMap* para o cálculo, da seguinte forma: $PIVE = PId + PIs + PIUct + Plp / 4$. Sendo *PId* (Plano de Informação da Declividade), *PIs* (Plano de Informação das classes de Solos), *PIUct* (Plano de Informação do Uso e Cobertura da Terra) e *Plp* (Plano de Informação Pluviosidade). (Figura 23)

Figura 23 - Camadas com as variáveis utilizadas para o cálculo da modelagem da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado por Júlia Effgen.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa etapa da pesquisa serão discutidos os dados com ênfase na análise integrada dos elementos que compõem a paisagem, sendo seus resultados expressos por meio de mapas temáticos da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Estado do Espírito Santo – Brasil para os anos de 1970, 2008, 2012 e 2013.

5.1 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS

5.1.1 VULNERABILIDADE EROSIVA DE 1970

A análise da vulnerabilidade erosiva do ano de 1970 foi determinada seguindo-se o pressuposto metodológico de Ross (1994), e Amaral e Ross (1994) tendo como variáveis: declividade¹², classes de solos¹³, uso e cobertura da terra e pluviosidade, está última que foi espacializada com base nos totais de chuva da normal climatológica (1983 - 2013).

5.1.1.1 Uso e Cobertura da Terra

O uso e cobertura da terra do ano de 1970 foi classificado com as seguintes classes: Afloramento Rochoso, Brejo, Cultivo Agrícola, Edificação, Mata Nativa, Macega, Massa D'água, Pastagem e Solo Exposto. As classes de Mata Nativa, Macega, Pastagem e Cultivo Agrícola Anual (principalmente com os cultivos de banana e café), foram as de maior predominância, correspondendo a uma área de 83,25 km² com percentual de 90,21%.

Dessa forma, cabe salientar, como apresentado na Tabela 11, que as classes de Afloramento Rochoso, Brejo, Edificação, Massa D'Água e Solo Exposto totalizaram uma extensão de 9,03 km², equivalentes a 9,79% da área.

¹² O mapa com as classes de declividade está localizado na metodologia desse estudo, sendo que, para os anos de 1970, 2008, 2012 e 2013, foram adotadas as mesmas classes.

¹³ As classes de solos foram as mesmas utilizadas como variável para modelagem erosiva dos anos: 1970, 2008, 2012 e 2013. O mapa das classes de solos encontra-se na caracterização da área de estudo.

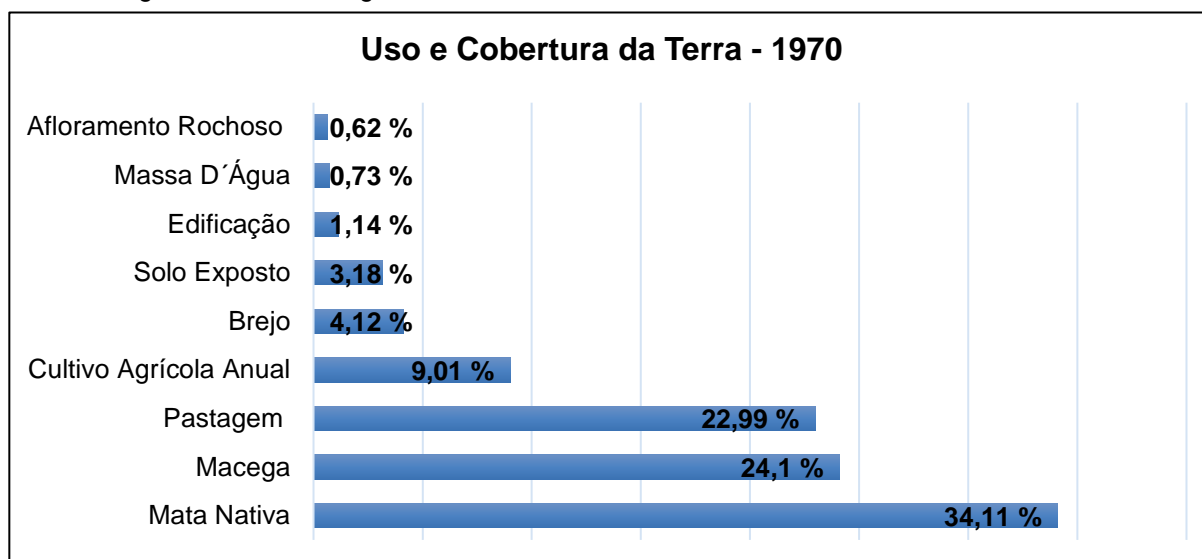
Tabela 11 - Classes de uso e cobertura da terra do ano de 1970, com suas respectivas áreas em km², ha e as porcentagens

Classes de Uso e Cobertura da Terra de 1970	Área em km²	Área em ha	%
Afloramento Rochoso	0,57	57,16	0,62
Brejo	3,8	380,14	4,12
Cultivo Agrícola Anuais	8,31	831,36	9,01
Edificação	1,06	105,6	1,14
Mata Nativa	31,48	3148,38	34,11
Macega	22,24	2224,29	24,1
Massa D'Água	0,67	67,42	0,73
Pastagem	21,22	2122,3	22,99
Solo Exposto	2,93	293,25	3,18
-	92,28	9229,9	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Nesse sentido, em 1970 a classe de Mata Nativa detinha a maior área da bacia com 31,48km², representando 34,11% do total, compreendendo toda a REBIO de Duas Bocas e alguns fragmentos de Mata Nativa ao longo das porções central e a jusante. Por outro lado, a classe de Macega foi a segunda maior em extensão, ocupando 22,24km² em 24,1%. Já a classe de Pastagem detinha era a terceira maior classes, abrangendo uma área de 21,22km², com percentual de 22,99% (Figura 24).

Figura 24 - Porcentagens das classes de uso e cobertura da terra do ano de 1970



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Os cultivos agrícolas de Banana e Café (no mapa de uso e cobertura da terra de 1970, estão classificados como outros cultivos agrícolas anuais), destacam-se por corresponder a quarta maior classe, com área de 8,31km² e percentual de 9,01%.

Sendo assim, outra classe que se destacou foi a de brejo, com área de 3,8km² e percentual de 4,12%, esta classe compreende as planícies e os terraços fluviais na porção a jusante da área.

Para tanto, a classe de Solo Exposto compreendia uma dimensão de 2,93km² alcançando um percentual de 3,18%. Já a classe de Edificação tinha uma extensão de 1,06 km² com percentual de 1,14%, representando construções pontuais como, por exemplo, casas das propriedades rurais, estradas vicinais, rodovias estaduais e parte da sede do município de Cariacica dentro do perímetro da bacia.

Com relação a classe de Massa D'Água, esta detinha uma área de 0,67 km² com percentual de 0,73%, correspondendo, principalmente, a represa localizada dentro da REBIO e aos pequenos açudes e lagoas fora da unidade de conservação. Os Afloramentos Rochosos com cobertura de 0,57 km² apresentaram um percentual de 0,62%, sendo evidenciados nas maiores altitudes e declividades da bacia, principalmente nas porções central e montante.

Assim, vale ressaltar que a bacia de Duas Bocas localiza-se entre os municípios de Santa Leopoldina e Cariacica, tendo o primeiro uma área de 18,71km² (20,19%), e o segundo com uma área de 73,51km² (79,71%), tendo uma grande representatividade para a os municípios que banha e por ser uma bacia que faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

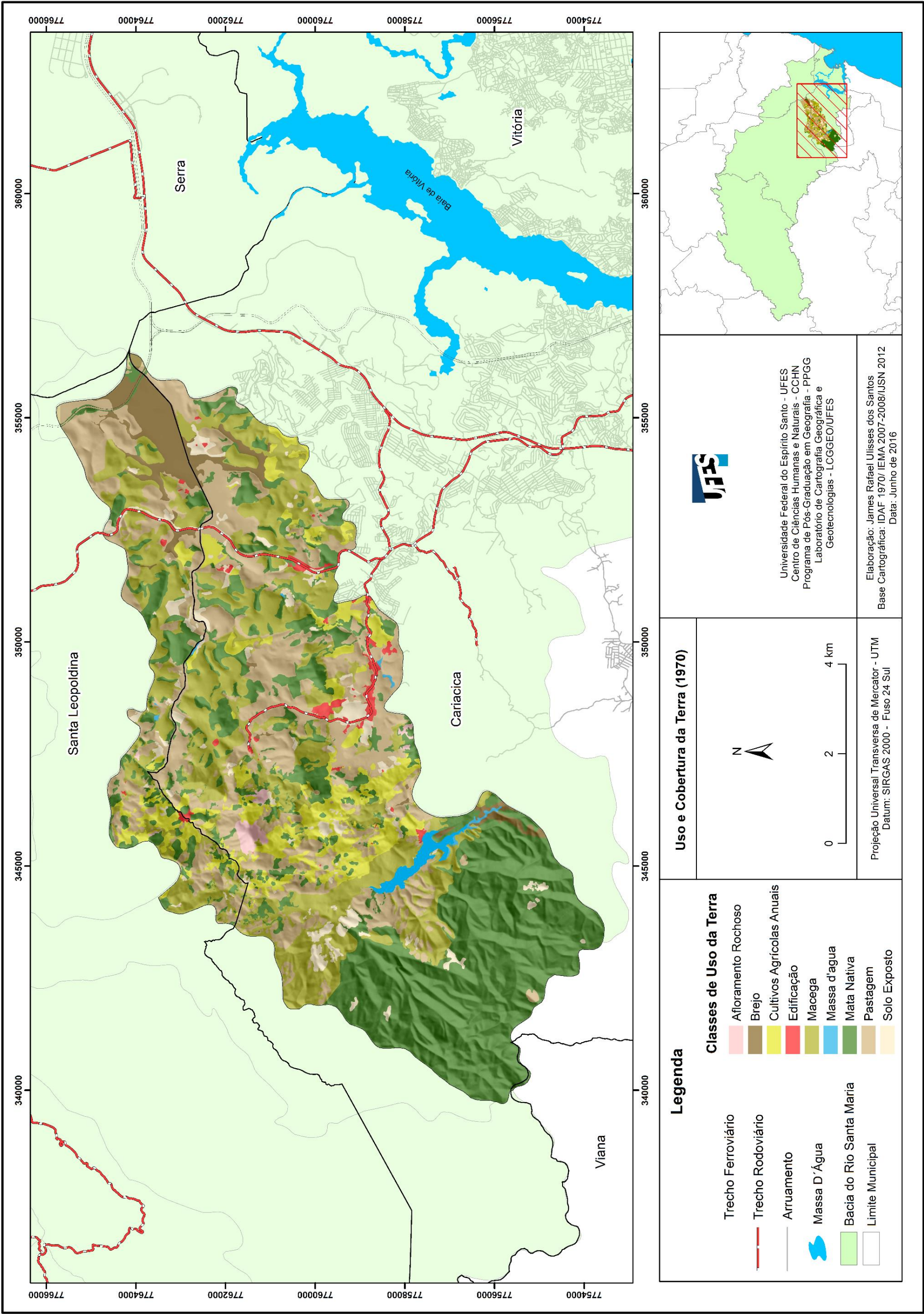
Desse modo, com relação a Cariacica (detendo a maior área da bacia), verificou-se que o município apresentava uma vocação rural desde o início do processo de ocupação do seu território, no entanto, são escassos os registros mais detalhados e precisos sobre os tipos de cultivos agrícolas implementados no entorno da reserva de Duas Bocas, no decorrer do seu processo de expansão territorial (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO,1996).

De certa forma, nos primórdios da ocupação da região, a cultura agrícola predominante era da Cana-de-Açúcar, mas já havia indícios da inserção das culturas de Café. Já com relação a cultura de Banana, as referências existentes não são exatas sobre o períodos e data dos primeiros plantios (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO,1996).

Portanto, merece destacar que data de 1965 a criação da Reserva Florestal de Duas Bocas, por meio da lei nº 2.095, sendo a partir desse momento que iniciaram - se as primeiras medidas de conservação e controle no avanço de cultivos agrícolas, principalmente de Banana e Café e de Pastagem sobre as áreas de Mata Nativa no entorno da reserva.

Contudo, se compararmos o ano da criação da REBIO com o mapa de uso e cobertura da terra de 1970 (Figura 25), notar-se-á uma diferença de 5 anos entre a data da criação da reserva e o ano em que as fotografias aéreas de 1970 foram registradas. Isso significa que mesmo a classe de Mata Nativa detendo o maior percentual do total da área com 34,11%, existia uma forte presença das classes de Macega e Pastagem dentro dos limites da REBIO, esta vindo a ser redefinida como Reserva Biológica em 1991, com a lei 4.503. (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 1996).

Figura 25 - Mapa das classes de Uso e cobertura da terra do ano de 1970 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Com relação ao processo de urbanização, todavia, até o início dos anos de 1950 o município de Cariacica permaneceu com características rurais, somente após esse período que uma parcela significativa da população passou a residir na zona urbana. É importante ressaltar que, a partir da década de 1970, o município passou a ser denominado de "espaço dos rejeitados", ou seja, local onde os migrantes vindos de Vitória se estabeleciam, isso porque em muitos casos, não conseguiam inserir-se no mercado de trabalho (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 1996).

O município, por fazer parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), acabou tornando-se uma "cidade dormitório", servindo de domicílio, principalmente à população de baixa renda, que trabalhava na capital e a noite iam dormir.

Nessa mesma década ocorreu a expansão da localidade de Campo Grande, ao sul da capital a partir do eixo da BR-262, onde posteriormente foram instaladas unidades direcionadas a serviços e comércio, além de empresas de transportes e indústrias de pequeno e médio porte (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 1996).

5.1.1.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva

A vulnerabilidade erosiva de 1970 foi determinada por meio de uma análise geográfica integrada¹⁴ das variáveis naturais e antrópicas da paisagem, respaldada na metodologia de Ross (1994), com base no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977).

Desse modo, foram estabelecidas para a área quatro classes de vulnerabilidade erosiva, de muito baixa, baixa, média a alta, tendo com pesos de 1 a 4, ficando determinadas da seguinte forma: Muito Baixa peso 1, Baixa peso 2, Média peso 3 e Alta peso 4. Na Tabela 12 são representados os percentuais para cada classe.

¹⁴ A análise integrada na paisagem para esse estudo (para todos os anos analisados foram utilizadas as mesmas variáveis) teve como suporte os elementos naturais (Declividade, Solos e Pluviosidade) e antrópico (Uso e Cobertura da Terra).

Tabela 12 - Classes e porcentagens da vulnerabilidade erosiva da área de estudo do ano de 1970

Classes de Vulnerabilidade	Porcentagem (%)
Muito Baixa (1)	2,92
Baixa (2)	36,68
Média (3)	45,71
Alta (4)	14,69
-	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Vulnerabilidade Muita Baixa teve 2,92% em relação ao percentual total da bacia, correspondendo aos fundos de vale e topos de morros, em relevo ondulado e suave ondulado, com declividade variando de 6 a 12%, 12 a 20% e 20 a 30%. Tendo como unidades geomorfológicas, as Colinas e Maciços Costeiros e Tabuleiros Costeiros (IJSN, 2012) e classes de solos representadas pelos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO em associação com os ARGISSOLOS (EMBRAPA, 2013).

Desse modo, as classes de uso e cobertura da terra que prevaleceram foram de Pastagem, Macega, e Mata Nativa, e, quanto ao comportamento da pluviosidade, as amplitudes ficaram compreendidas entre os intervalos de: 1.307 a 1.377 mm e de 1.377 a 1.447mm, sendo estes os menores totais de chuva da normal climatológica.

A Vulnerabilidade Baixa foi a segunda maior classe, com percentual de 36,68%, compreende as vertentes com declividade que variaram de 6 a 12%, 12 a 20% e 20 a 30%, em feições de relevo ondulado, suave ondulado e plano, correspondendo as Colinas e Maciços Costeiros e a Planície Fluvial (IJSN, 2012).

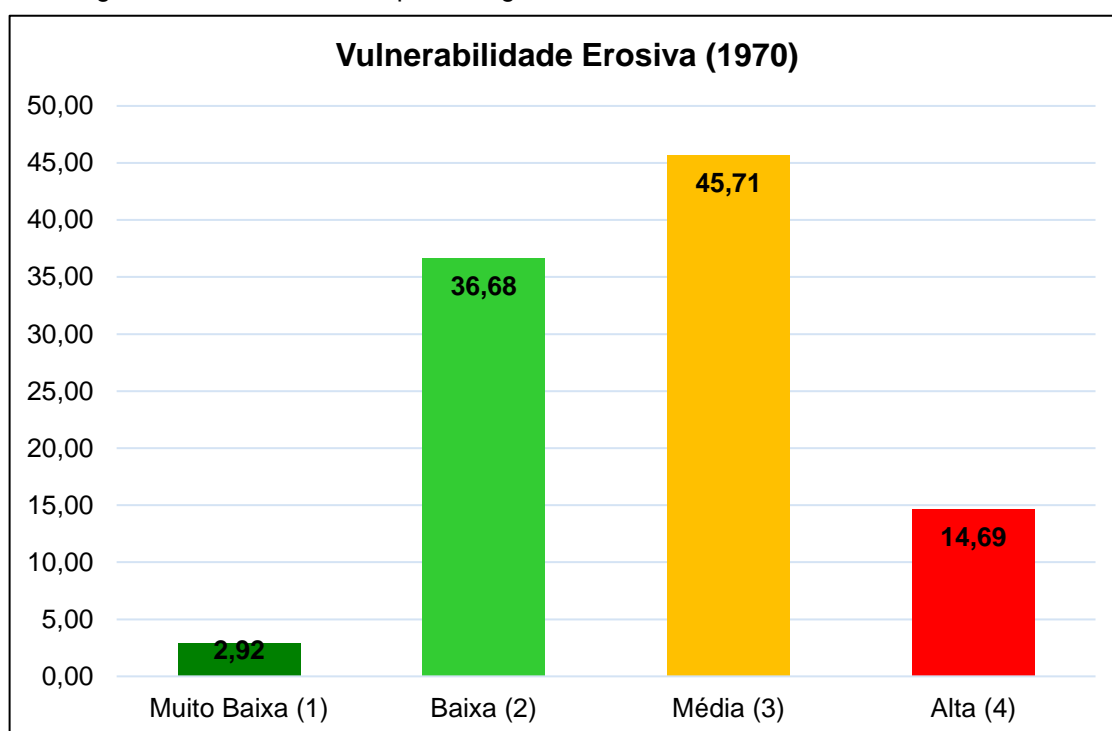
As classes de solos que predominaram foram dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associados aos ARGISSOLOS e dos GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013). Já no que concerne ao uso e cobertura da terra se sobressaíram as classes de Macega, Pastagem, Mata Nativa e brejo. Além disso, a pluviosidade teve os intervalos de: 1.307 a 1.377 mm, 1.377 a 1.447 mm, 1.447 a 1.517 mm.

A Vulnerabilidade Média (Figura 26) foi a classe de maior percentual da área com 45,71%, equivalendo as vertentes com declividade de 20 a 30%, 30 a 45% e 45 a 60% em relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso, e tendo como unidades

geomorfológicas principais os Patamares Escalonados Sul Capixaba e as Colinas e Maciços Costeiros (IJSN,2012).

A respeito das classes de solos foram encontrados os CAMBISSOLOS HÁPLICO e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, e como cobertura do uso e cobertura da terra, destacaram-se a Mata Nativa, Macega, Pastagem e Cultivo Agrícola anual (Banana e Café). Já no que concerne a precipitação os intervalos foram de: 1.447 a 1.517mm, 1.517 a 1.587mm, 1.587 a 1.657mm.

Figura 26 - Gráfico com as porcentagens da vulnerabilidade erosiva do no de 1970

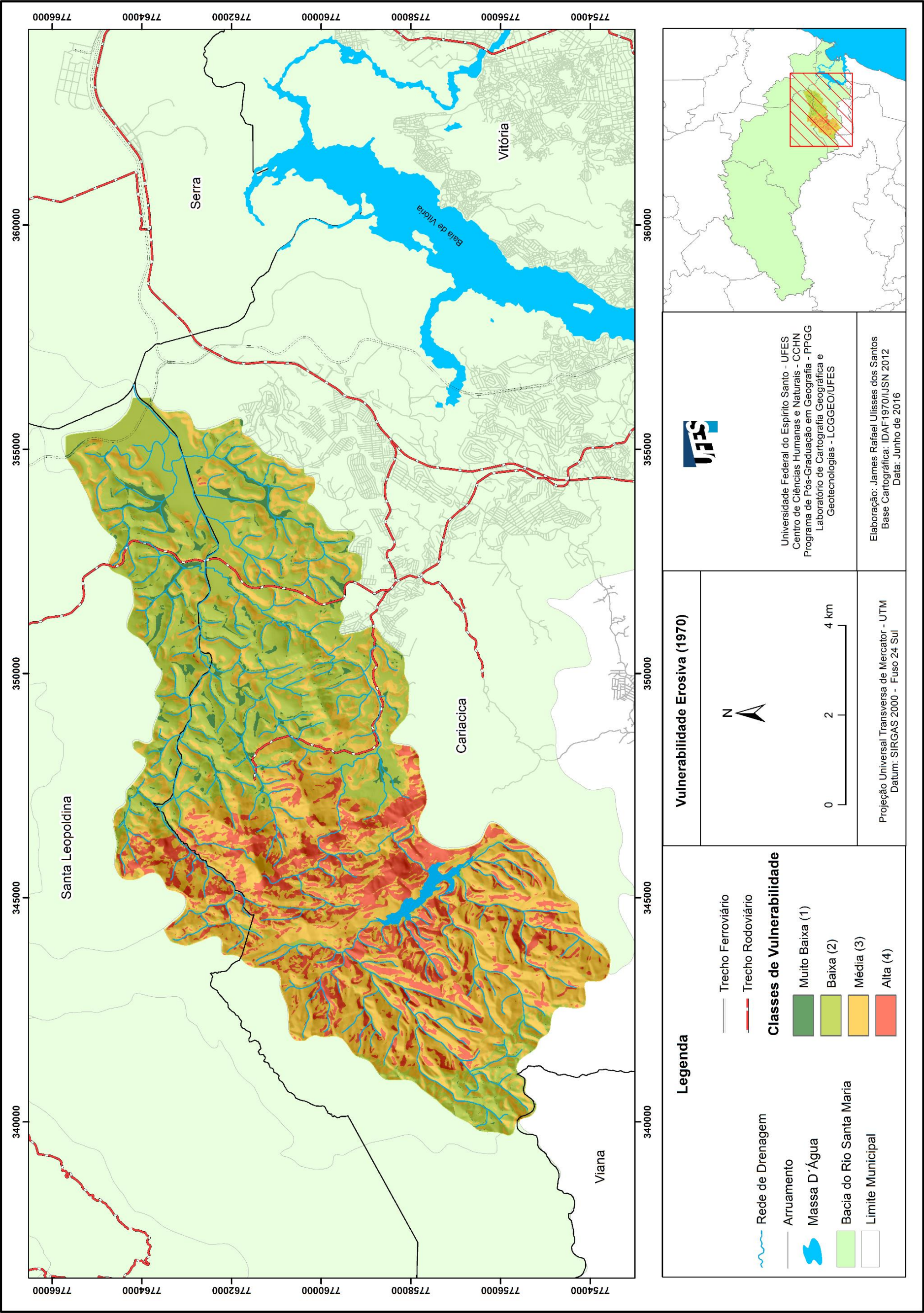


Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A classe de Vulnerabilidade Alta (Figura 27) apresentou percentual de 14,69%, compreendendo as vertentes com declividades de 30 a 45%, 45 a 60% e acima de 60%, em relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, na equivalência com a unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados Sul Capixaba e tendo como classes de solos principais, os CAMBISSOLOS HÁPLICOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS (EMBRAPA, 2013).

O uso e cobertura da terra para essa classe foi composto de Mata Nativa, Macega, Pastagem, cultura agrícola anual (Banana, Café) e Solo Exposto. E com intervalos de precipitação variando de: 1.447 a 1.517mm, 1.517 a 1.587mm, 1.587 a 1.657 mm.

Figura 27 - Mapa com as classes de vulnerabilidade erosiva do ano de 1970 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.2 VULNERABILIDADE EROSIVADE DE 2008

5.1.2.1 Uso e Cobertura da Terra

O uso e cobertura da terra de 2008 evidenciou que a classe de maior extensão com 44,35 km², representando 47,99% foi a de Mata Nativa, que em 1970 cobria 31,48 km², correspondendo a 34,11%, sendo verificado que houve um aumento no percentual em 13,88%.

Dessa forma, como apresentado na Tabela 13, pode-se confirmar que esse aumento ocorreu em função da aplicação de leis mais rígidas quanto a conservação dos ambientes florestados, principalmente após a criação da REBIO de Duas Bocas, assim permitindo a regeneração de áreas antes ocupadas por Macega, Pastagem e culturas agrícolas como Banana e Café.

Tabela 13 - Área em km², em hectare e a porcentagem das classes de uso e cobertura da terra de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, com destaque para as três maiores classes

Classes de Uso e Cobertura da Terra (2008)	Área em km²	Área em ha	(%)
Afloramento Rochoso	1,26	125,99	1,36
Brejo	2,27	227,50	2,46
Cultivo Agrícola - Banana	6,20	620,48	6,71
Cultivo Agrícola-Café	1,12	111,95	1,21
Cultivo Agrícola - Côco Bahia	0,24	24,31	0,26
Edificação	1,46	144,65	1,58
Jaqueira	0,14	13,60	0,15
Macega	2,72	272,27	2,95
Massa D'Água	0,70	70,45	0,76
Mata Nativa	44,35	4434,58	47,99
Outros Cultivos Agrícolas Anuais	1,56	156,05	1,69
Pastagem	29,41	2941,27	31,83
Silvicultura	0,22	22,45	0,24
Solo Exposto	0,75	74,96	0,81
Total	92,40	9240,51	100

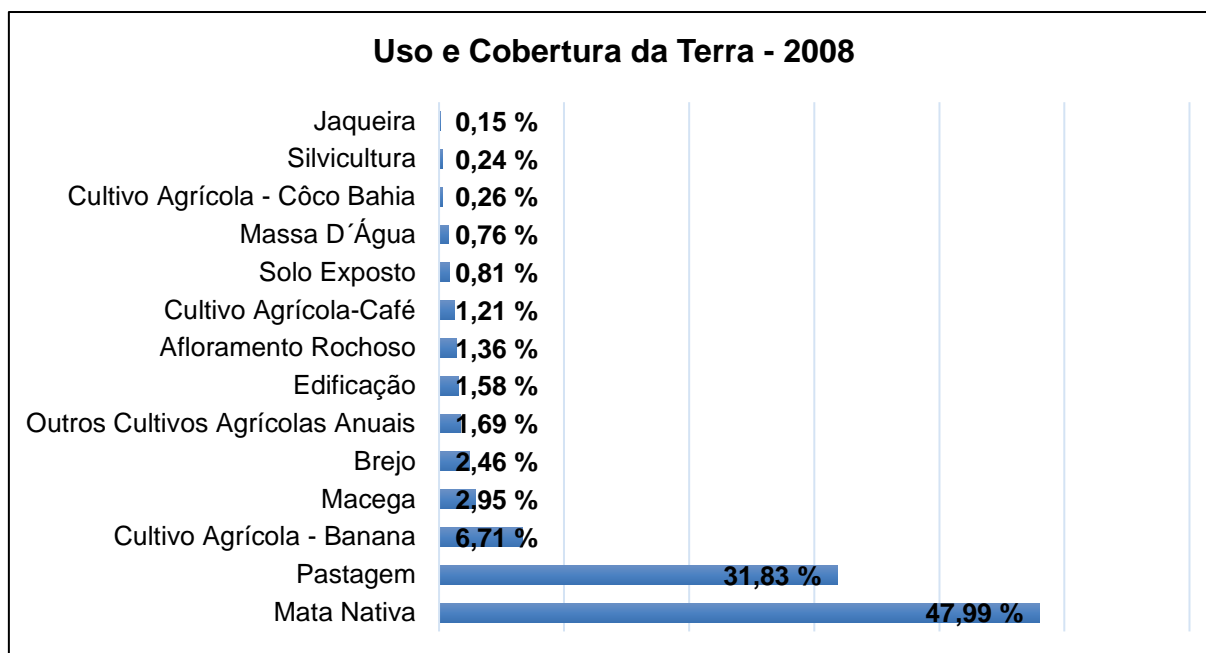
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para tanto, a classe de pastagem ocupava a segunda maior área com 29,41 km², representando 31,83%. Já com relação a 1970, esses valores eram respectivamente de 21,22km² e 22,99%, apresentando um aumento de 8,84%. Isso ocorreu devido a regeneração de Mata Nativa em alguns pontos da bacia, principalmente dentro da

REBIO, bem como também em decorrência da diminuição de Macega, cedendo lugar a novas áreas de pastagem.

A classe de cultivo agrícola de Banana estendia-se por 6,20 km² como terceira maior, com percentual de 6,71%, contudo, para comparar com 1970, foi necessário realizar a junção das classes de cultivo agrícola de Café, Coco Baía, Jaqueira, Silvicultura e outros cultivos agrícolas anuais, porque todas essas classes em 1970 correspondiam à classe de outros cultivos agrícolas anuais. Sendo assim, em 2008 o percentual representava 10,26% e em 1970 era de 9,01%, com isso ocorreu um aumento na área de cultivo agrícola de 1,25% (Figura 28).

Figura 28 - Porcentagens das classes do Uso e Cobertura da Terra da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas do ano de 2008



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

No que tange a classe de Macega, esta ocupa a quarta maior extensão e percentual, com valores de 2,72 km² e 2,95% respectivamente, no entanto, na década de 1970, a área era de 22,24 km² e percentual de 24,10%. Diante disso, pode-se constatar que a mudança em relação aos valores foi muito significativa, com a diminuição alcançando taxa de 21,15%; essa diminuição deve-se ao substancial aumento nas classes de Mata Nativa e Pastagem.

A quinta maior classe foi a de Brejo, compreendendo $2,27\text{km}^2$ em 2,46%, e em relação à década de 1970 essa classe tinha uma extensão de $3,80\text{km}^2$, detendo percentual de 4,12%, caracterizando assim, uma diminuição em torno de 1,66%. Contudo, a mudança nessa classe corresponde aos avanços de novas áreas de Pastagem, principalmente na porção que engloba as planícies de inundações.

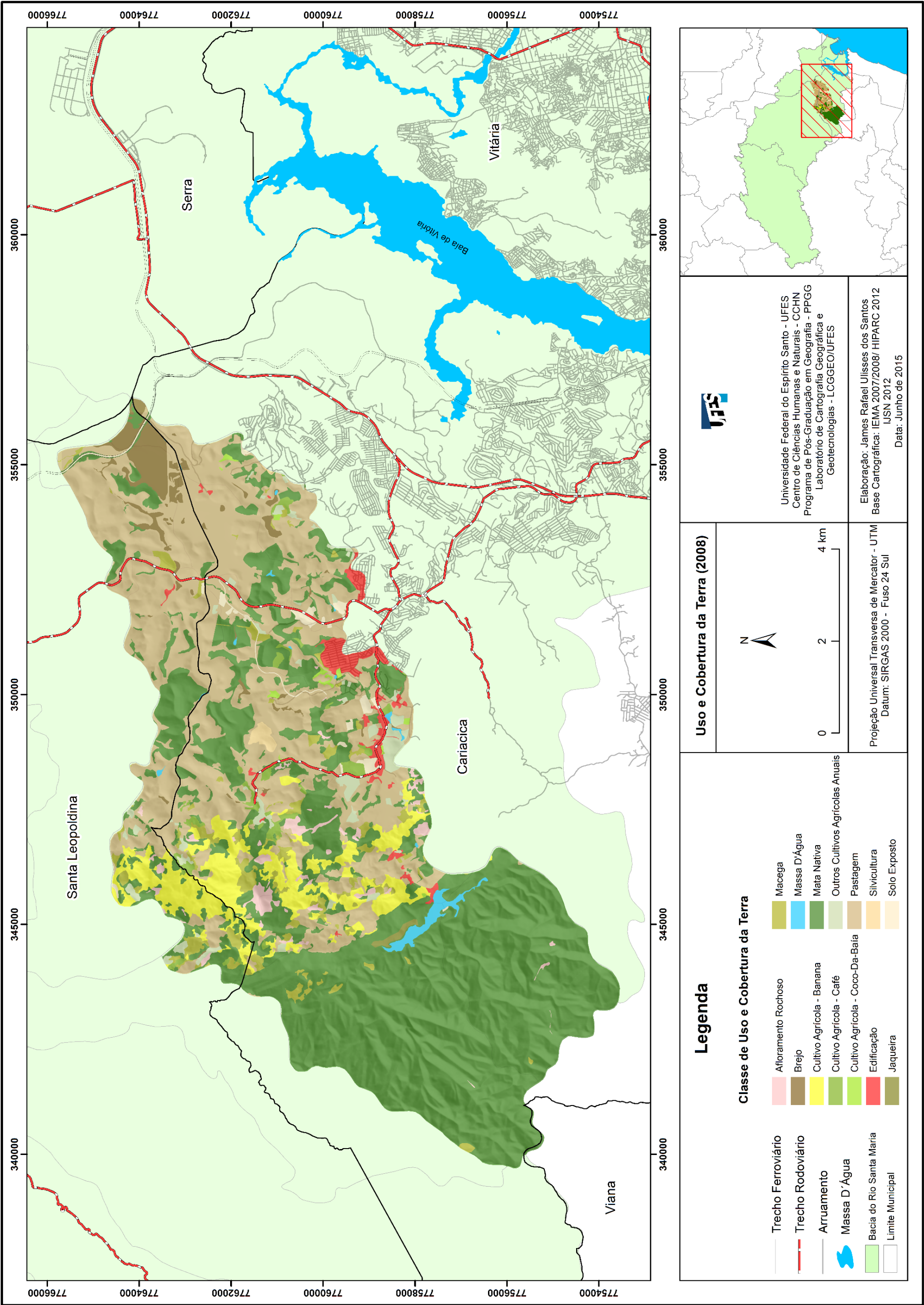
A classe de Edificação com área de $1,46\text{km}^2$ representava 1,58% da bacia, e comparando com o ano de 1970, esse valor foi de $1,06\text{km}^2$, com percentual de 1,14%, configurando um aumento da ordem de 0,44%. Não obstante, o aumento dessa classe não foi tão significativo, devido ao inexpressivo processo de expansão urbana sobre o perímetro da bacia, ficando restrito, principalmente, a parte que compreende parte de Cariacica (Figura 29).

Em vista disso, outras classes destacaram-se, como a de Afloramento Rochoso que cobria $1,26\text{km}^2$, o equivalente a 1,36%, e, quando comparado ao ano de 1970, esses valores foram respectivamente de $0,57\text{km}^2$ e 0,62%, verificando-se assim um aumento de 0,74%. Todavia, essa classe não deveria ter apresentado diferença nos valores de percentual, porém, isso ocorre em função do método de classificação.

A classe de Afloramento Rochoso apresentou uma leve mudança de área e no percentual, de um ano para outro, fato que não deveria ocorrer por tratar-se de rochas cristalinas, bastante resistentes a ação do intemperismo, levando milhares de anos para sofrer alterações significativas. A diferença quanto ao percentual e área dessa classe, deve-se a baixa qualidade das fotografias aéreas de 1970 dificultou a interpretação, pelo operador do software, no momento da vetorização para a criação dos polígonos do uso e cobertura da terra.

Contudo, a classe de Massa D'Água, perfazia $0,72\text{km}^2$ representando 0,76%, e em comparação com 1970, tinha área de $0,67\text{km}^2$ e percentual de 0,73%, apresentou um pequeno aumento de 0,03%. Como já exemplificado anteriormente, a maior representação para essa classe é a represa localizada no interior da REBIO, bem como dos esporádicos espelhos d'água, como pequenos açudes e barragens existentes nas propriedades agropecuárias.

Figura 29 - Mapa das classes de uso e cobertura da terra do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.2.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva

A vulnerabilidade erosiva de 2008 foi determinada seguindo-se os mesmos pressupostos teóricos e metodológicos de 1970. Na Tabela 14 são apresentadas as classes de vulnerabilidade com suas respectivas porcentagens.

Tabela 14 - Níveis e porcentagem da vulnerabilidade erosiva do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio duas Bocas

Classes de Vulnerabilidade	Porcentagem (%)
Muito Baixa (1)	4,80
Baixa (2)	39,86
Média (3)	48,34
Alta (4)	7,00
-	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Vulnerabilidade Muito Baixa apresentou um percentual de 4,80% do total da bacia, que corresponde aos fundos de vales encaixados e topos de morros em relevo suave ondulado e ondulado, com declividade variando de 6 a 12% e de 12 a 20%, compreendendo a unidade geomorfológica das Colinas e Maciços Costeiros (IJSN, 2012).

Como classe solos prevaleceu a dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO (EMBRAPA, 2013), e tendo como uso e cobertura da terra a classe de Pastagem e Mata Nativa. Já no que diz respeito ao comportamento pluviométrico, a amplitude dos intervalos que predominaram foram de: 1.305 a 1.391mm e 1.391 a 1.478 mm.

Na classe de Vulnerabilidade Baixa o percentual foi de 39,86% da área, compreendendo as vertentes e planícies fluviais em relevo ondulado, suave ondulado e plano, com declividade variando de 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 30%, e inserida nas unidades geomorfológicas das Colinas e Maciços Costeiros e das Planícies Fluviais (IJSN, 2012).

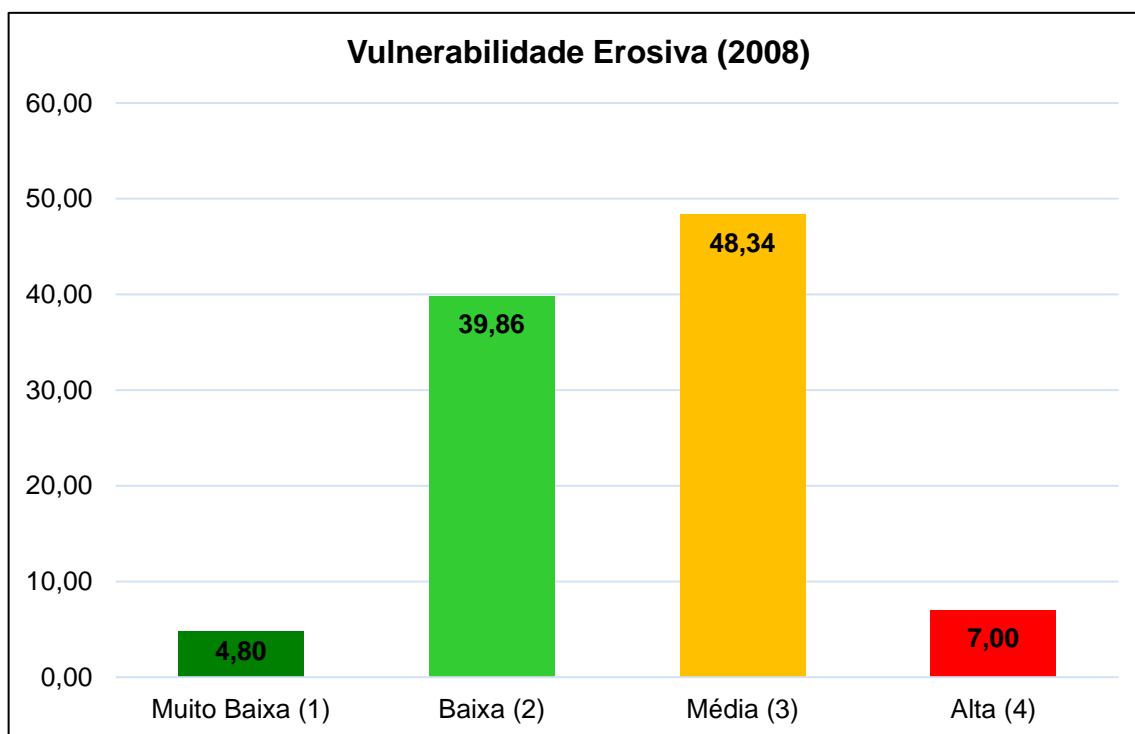
Os solos apresentaram como classes principais os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associado aos ARGISSOLOS e os GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013). As classes de uso e cobertura da terra são compostas por Mata Nativa, Pastagem e brejos. A precipitação teve um

comportamento com os seguintes intervalos de classes para esse segmento: 1.305 a 1.391mm, 1.391 a 1.478mm, 1.478 a 1.565mm.

A classe de Vulnerabilidade Média (Figura 30) foi a mais representativa, detendo o maior percentual da área com 48,34%, correspondendo às vertentes íngremes e os topos de morros com intervalos de declividade de 20 a 30%, 30 a 45%, 45 a 60%, em relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso. Verificando-se, principalmente, nas porções central e montante da bacia, no entanto, essa classe também apareceu a jusante. As unidades geomorfológicas são representadas pelos Patamares Escalonados Sul Capixaba e os Tabuleiros Costeiros (IJSN,2012).

Para tal, as classes de solos encontradas foram dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associados aos ARGISSOLOS (EMBRAPA, 2013). Já com relação ao uso e cobertura da terra, destacaram-se as classes de Mata Nativa, Pastagem e dos cultivos agrícolas de Banana e Café. No que tange a amplitude da precipitação, predominaram os intervalos de: 1.391 a 1.478 mm, 1.478 a 1.565 mm.

Figura 30 - Representação das porcentagens da vulnerabilidade erosiva da bacia do rio Duas Bocas, de 2008

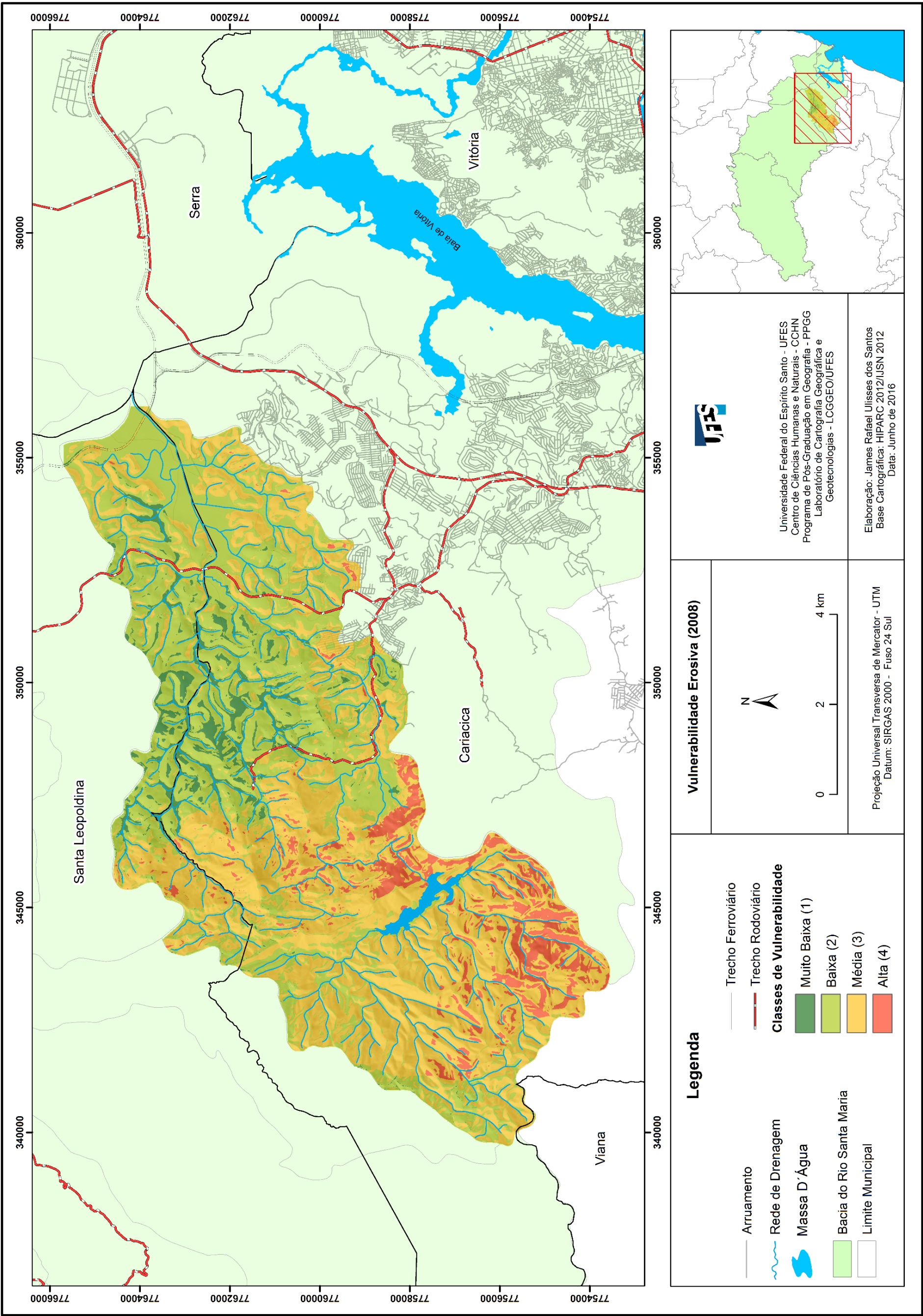


Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

A classe de Vulnerabilidade Alta (Figura 31), apresentou o segundo menor percentual da bacia com 7,00%, compreendendo as vertentes com declividade de 30 a 45%, 45 a 60% e acima de 60%, em relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, e tendo como unidades geomorfológicas os Patamares Escalonados Sul Capixaba, as Colinas e Maciços Costeiros e os Tabuleiros Costeiros (IJSN, 2012).

Como classes de solos destacam-se os CAMBISSOLOS HÁPLICO, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associados aos ARGISSOLOS e os NEOSSOLOS LITÓLICOS (EMBRAPA, 2013), e no que diz respeito ao uso e cobertura da terra, predominaram as classes de Mata Nativa, Pastagem, cultivo agrícola de Banana e Café e Edificações. A área Edificada com maior representatividade dentro da bacia, corresponde a fração urbanizada de Cariacica. Para esse segmento da área de estudo a precipitação apresentou intervalos com as seguintes variações: 1.478 mm a 1.565mm, 1.565mm a 1.651mm, 1.651mm a 1.738mm.

Figura 31 - Mapa síntese da vulnerabilidade erosiva do ano de 2008 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.2.3 Comparativo da Vulnerabilidade Erosiva de 2008 em função da Normal Climatológica

Na Tabela 15 são apresentados os percentuais para cada classe de vulnerabilidade erosiva do ano de 2008 da área em dois cenários: no primeiro a modelagem foi realizada levando em consideração os totais de chuva da normal climatológica e no segundo cenário com a chuva do ano em questão.

Desse modo, observou-se que no cenário 1 a classe muito baixa apresentou um percentual de 2,04% e no cenário 2 esse valor foi de 4,80%, tendo um aumento de 1,96%. A classe baixa no cenário 1 teve 35,96% e no cenário 2 a taxa foi de 39,86%, conferindo um aumento de 3,90%. Já a classe média no cenário 1 obteve o maior valor com 50,62%, enquanto no cenário 2 apresentou 48,34%, representando uma diminuição de 2,28%, e a classe alta no cenário 1 teve um percentual de 11,38% e no cenário 2 a taxa foi de 7,00%, com uma diminuição de 4,38%.

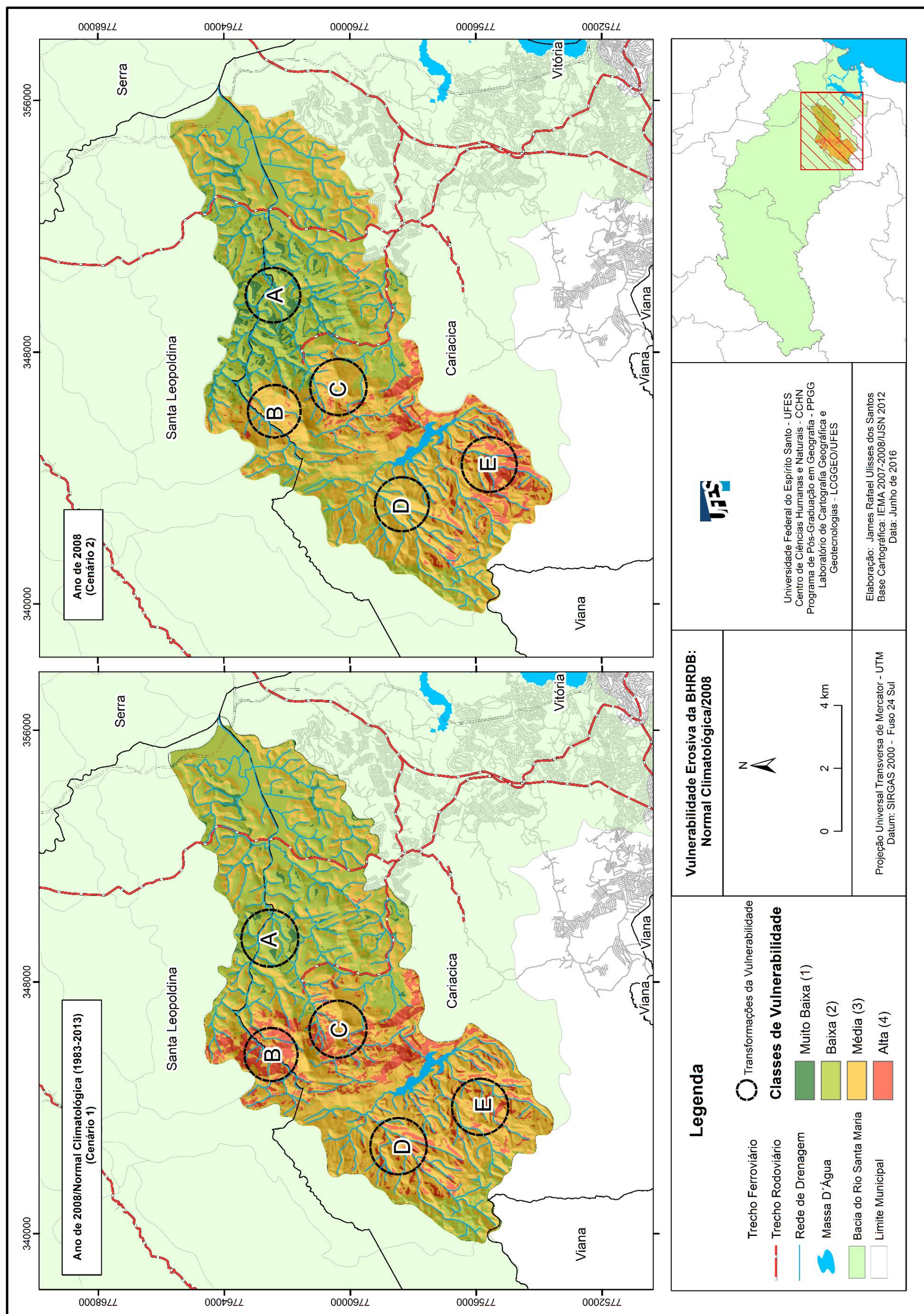
Tabela 15 - Porcentagens das classes de vulnerabilidade erosiva de 2008 em dois cenários, no primeiro em função do ritmo de chuva da normal climatológica e o segundo a chuva do ano em análise.

Classes de Vulnerabilidade	Porcentual (%) 2008/Normal (Cenário 1)	Porcentagem (%) 2008 (Cenário 2)	Diferença de Percentual
Muito Baixa (1)	2,04	4,80	1,96
Baixa (2)	35,96	39,86	3,90
Média (3)	50,62	48,34	2,28
Alta (4)	11,38	7,00	4,38
Total	100	100	12,52

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Pode-se constatar após essa análise, que o cenário 1, em função da chuva da normal climatológica, apresentou as classes média e alta, com os maiores percentuais de vulnerabilidade erosiva, enquanto no cenário 2, com base no total pluviométrico de 2008, os valores maiores foram das classes muito baixa e baixa.

A Figura 32 representada a espacialização da vulnerabilidade erosiva, que no cenário 1 levou em consideração o total de chuva da normal climatológica e no segundo a chuva do ano em análise. Para a comparação, contudo, foram circulados e enumerados com as letras A, B, C, D e E, pontos da área que evidenciam as transformações ocorridas na paisagem.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Diante disso, na porção a jusante, observa-se que no ponto A do cenário 1 predominou a classe de vulnerabilidade erosiva baixa, já em A no cenário 2, prevaleceu a classe muito baixa, com declividade variando de 6 a 12% e 12 a 20%, tendo como uso e cobertura da terra a classe de Mata Nativa e Pastagem, com presença de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (EMBRAPA, 2013). Os intervalos da precipitação para esses pontos foi de: 1.391 a 1.478mm.

Na porção central, nota-se que no ponto B do cenário 1 a classe dominante foi a alta, e na comparação com o ponto B do cenário 2 ocorreu o predomínio da classe média. A declividade apresentou variação de 20 a 30% e 30 a 45%, sendo que, nessa seção, existe uma forte presença dos cultivos agrícolas de Banana e Café, tendo como classes de solos os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (EMBRAPA, 2013), e apresentando um comportamento pluviométrico com intervalos variando de: 1.305 a 1.391mm.

Desta maneira, ainda na porção central, no ponto C do cenário 1, as classes de vulnerabilidade erosiva predominantes foram as de média e alta, e no ponto C do cenário 2 se sobressaiu a classe média. A declividade nesse ponto está entre 30% a 45% e 45% a 60%, com uso e cobertura da terra predominante de Pastagem e Mata Nativa, e os solos, assim como nos pontos B, prevaleceram os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (EMBRAPA, 2013). Os intervalos pluviométricos aqui foram de: 1.391mm a 1.478mm.

Na porção a montante, que compreende especificamente a REBIO, no ponto D do cenário 1, as classes predominantes foram de média e alta. Já no ponto D do cenário 2 se sobressaiu a classe média, tendo como uso e cobertura da terra Mata Nativa e como classe de solo os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (EMBRAPA, 2013).

E ainda a montante, no ponto E do cenário 1, também prevaleceram as classes média e alta, e no ponto E do cenário 2, o predomínio foi da classe alta, sendo o uso e cobertura da terra e solos equivalente aos dos pontos D. A variação da declividade nesses pontos foram de 30% a 45%, 45% a 60% e acima de 60%, com intervalos pluviométricos de: 1.478 a 1.565mm, 1.565 a 1.651mm, 1.651 a 1.738mm.

Assim, notou-se que, nas porções central e montante da bacia no cenário 1, há forte presença de cultivo de Banana, fato que em função das variáveis declividade, solos e das chuvas da normal climatológica, proporcionou um aumento nas classes de vulnerabilidade erosiva média e alta. No interior da REBIO esse aumento foi perceptível nas bacias dos córregos Naia-Assú e Sertão Velho, com aumento da classe alta, além das bacias do córrego Pau Amarelo e Panelas, que apresentaram um aumento da classe alta.

Contudo, esse comparativo mostra-se relevante no que concerne às modificações que ocorrem na bacia de Duas Bocas, permitindo assim, analisar os atributos naturais e antrópicos existentes na paisagem de forma integrada, com ênfase para o fator pluviosidade (chuva da normal climatológica e chuva do ano de 2008), sendo esta a variável preponderante na análise e interpretação dos dois cenários.

5.1.3 VULNERABILIDADE EROSIV DE 2012

5.1.3.1 Uso e Cobertura da Terra

No uso e cobertura da terra de 2012 foi evidenciado que a classe de Mata Nativa correspondia a uma extensão de 44,54 km², representando a maior classe da área de estudo com percentual de 48,27%. No comparativo com o ano de 1970, que cobria área de 31,48km² em 34,11%, verificou-se um aumento de 14,16%. Já na correlação com o ano de 2008 que estendia-se por 44,35km², com percentual de 47,99%, apresentou um aumento de 0,28%. (Tabela 16).

Tabela 16 - Área em km², em hectare e a porcentagem das classes de uso e cobertura da terra de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas

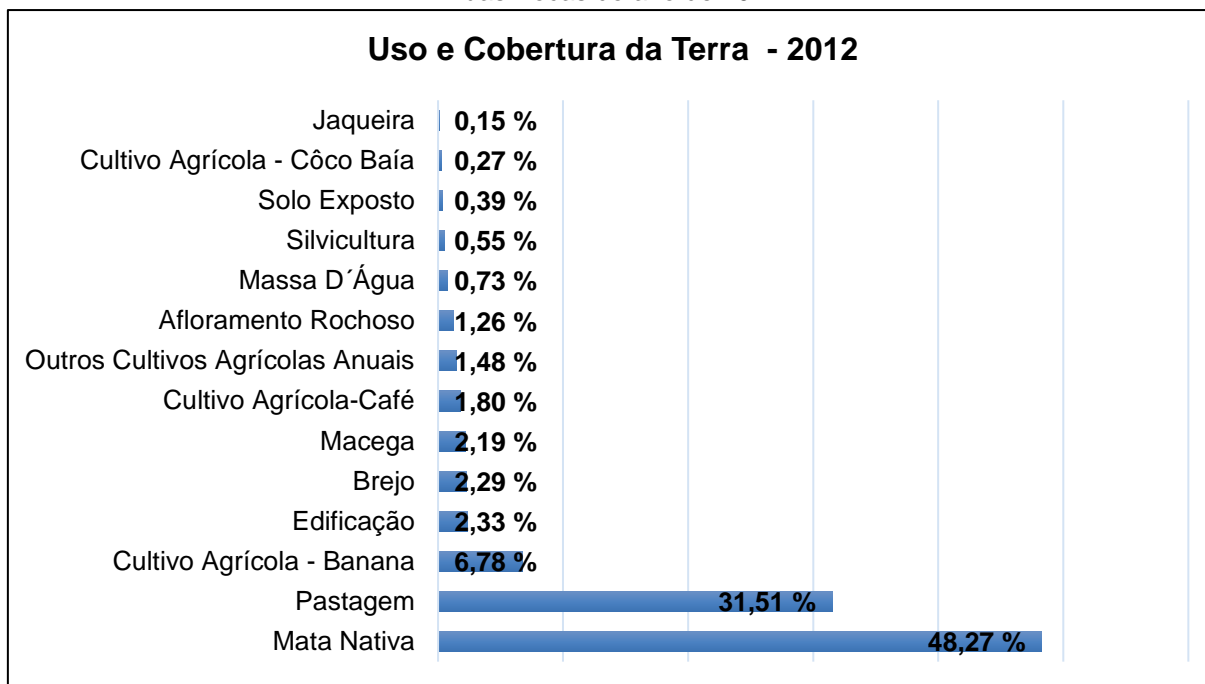
Classes de Uso e Cobertura da Terra (2012)	Área em km²	Área em há	(%)
Afloramento Rochoso	1,16	115,99	1,26
Brejo	2,11	211,29	2,29
Cultivo Agrícola - Banana	6,25	625,45	6,78
Cultivo Agrícola-Café	1,66	165,77	1,80
Cultivo Agrícola - Côco Baía	0,25	25,72	0,27
Edificação	2,15	215,19	2,33
Jaqueira	0,14	13,58	0,15
Macega	2,02	201,83	2,19
Massa D'Água	0,67	67,21	0,73
Mata Nativa	44,54	4453,53	48,27
Outros Cultivos Agrícolas Anuais	1,37	136,94	1,48
Pastagem	29,08	2907,54	31,51
Silvicultura	0,51	51,03	0,55
Solo Exposto	0,36	35,81	0,39
Total	92,27	9226,88	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Mata Nativa (Figura 33) configurou um avanço no processo de regeneração ao longo dos anos, devido à conservação da vegetação natural. Essa transformação justifica-se devido a algumas medidas adotadas, como por exemplo, a já citada criação da Reserva Florestal de Duas Bocas, por meio da lei nº 2.095 de 12 de janeiro de 1965, que veio a ser redefinida como categoria de manejo para Reserva Biológica em 2 de janeiro de 1991 através da lei nº 4.503 (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 1996).

Conforme ainda dados do Estado do Espírito Santo (1996) e Novelli (2010), foi a partir da implementação dessa lei que houve um maior rigor quando ao desmatamento e criação de novas áreas para fins agropecuário (cultivos agrícolas diversos e criação de gado de corte e leiteiro) nas proximidades da REBIO, fato que influenciou diretamente as áreas de entorno e dentro da bacia.

Figura 33 - Gráfico com as porcentagens do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas do ano de 2012



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Pastagem foi a segunda maior, com extensão de 29,08 km², representando 31,51% do total da área. Comparando com o ano de 1970, que tinha valores respectivamente de 21,22km² e 22,99%, resultou num crescimento de 8,52%. Na equivalência com 2008 que detinha área de 29,41km² e percentual de 31,83%, a redução em termos percentuais foi de 0,32%.

Na Figura 34 observa-se uma propriedade rural dentro do perímetro da bacia de Duas Bocas, com presença da classe de pastagem, tratando-se de uma típica paisagem caracterizada pela prática da pecuária extensiva, cuja a finalidade destina-se a criação de gado de corte e/ou leiteiro, estando inserida em relevo ondulado, tendo como classes de solos os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associados aos ARGISSOLOS (EMBRAPA, 2013).

É possível notar ainda, que não existe a presença de processos erosivos avançados, como ravinas e voçorocas, nem cicatrizes de movimentos de massa nesse recorte espacial, tendo em vista que, os solos não apresentam-se suscetíveis à ocorrência de processos erosivos.

Figura 34 - Vista de uma propriedade rural dentro da bacia hidrográfica de Duas Bocas, apresentando como aspectos naturais, relevo ondulado, cobertura pedológica de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO E LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associado aos ARGISSOLOS, e tendo como classes de uso da terra, a Pastagem.

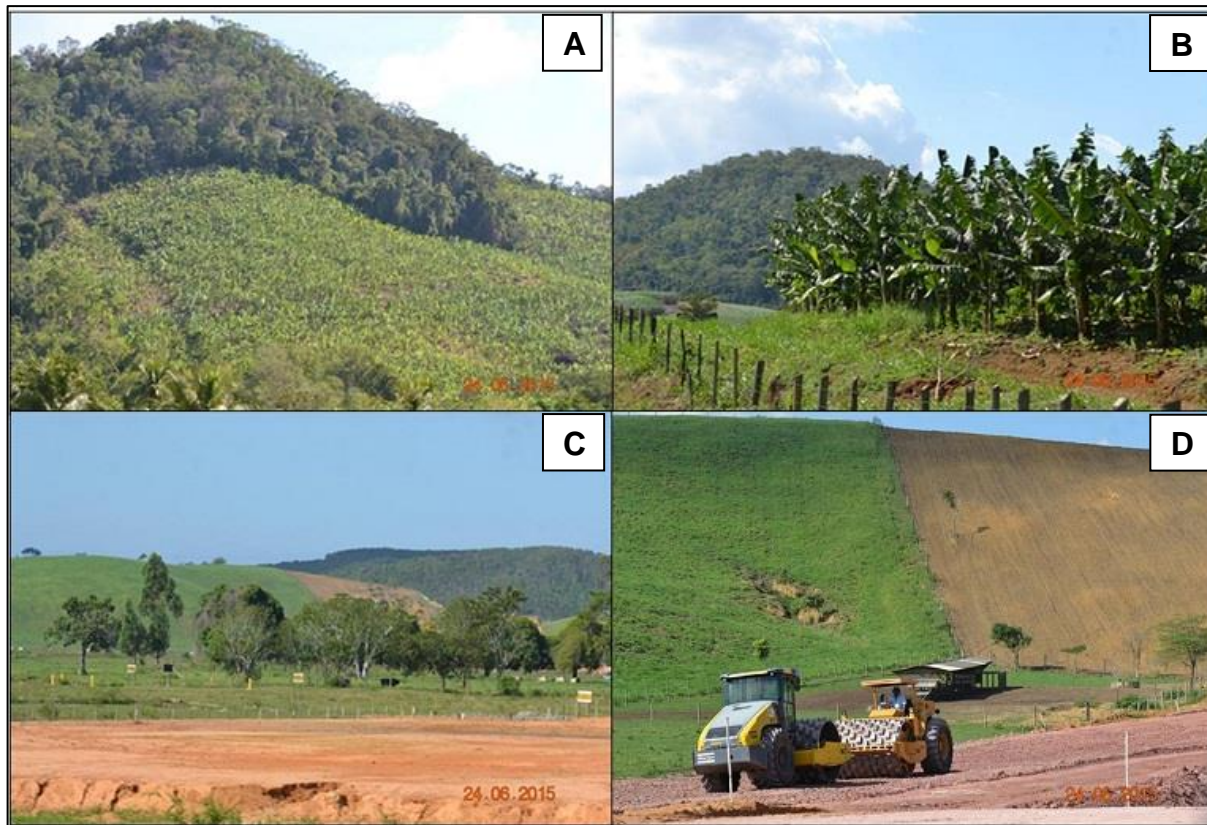


Fonte: Acervo do autor (2015).

A classe de cultivo agrícola de Banana apresentou a terceira maior área com 6,25 km², correspondendo a um percentual de 6,78%. Para relacionar com 1970, foi necessário realizar a junção das classes de cultivo agrícola de Café, Coco da Baía, Silvicultura, Jaqueira e outros cultivos agrícolas anuais, a vista que, na classificação de uso e cobertura da terra de 1970, foram agrupadas todas as classes de cultivos agrícolas em apenas uma classe, que foi a de cultivos agrícolas anuais. (Figuras 35 A e 35 B).

Assim, com a junção dessas classes, obteve-se em 2012 um percentual de 11,03%, e no caso de 1970 esse valor foi de 9,01%. Com isso, o aumento correspondeu a 2,02%; por outro lado, comparando com o ano de 2008 que teve percentual de 10,26%, o aumento foi de 0,77%. Para tanto, a classe de Brejo foi a quinta de maior área, com 2,11km² e 2,29%, que na década de 1970 esses valores correspondiam a 3,80km² e 4,12% respectivamente, dessa forma nota-se que houve uma redução de 1,83%. Na comparação com o ano de 2008, essa classe detinha uma extensão de 2,27 km² em 2,46%, correspondendo a uma pequena diminuição de 0,17 (Figuras 35 C e 35 D).

Figura 35 – 35 A. Vertente ocupada em parte com Mata Nativa, principalmente no segmento superior (topo), e nos segmentos central e inferior ocupada pelo cultivo agrícola de Banana. 35 B. Cultivo agrícola de Banana as margens da ES -060 que corta a bacia, e ao fundo mata nativa em relevo forte ondulado e montanhoso. 35 C. Planície de inundação do rio Duas Bocas com obras de terraplenagem para construção de uma estrada pavimentada, nessa porção as classes de terra predominantes são pastagem e brejo. 35 D. Máquinas trabalhando na terraplenagem na construção da pavimentação asfáltica da via terrestre.

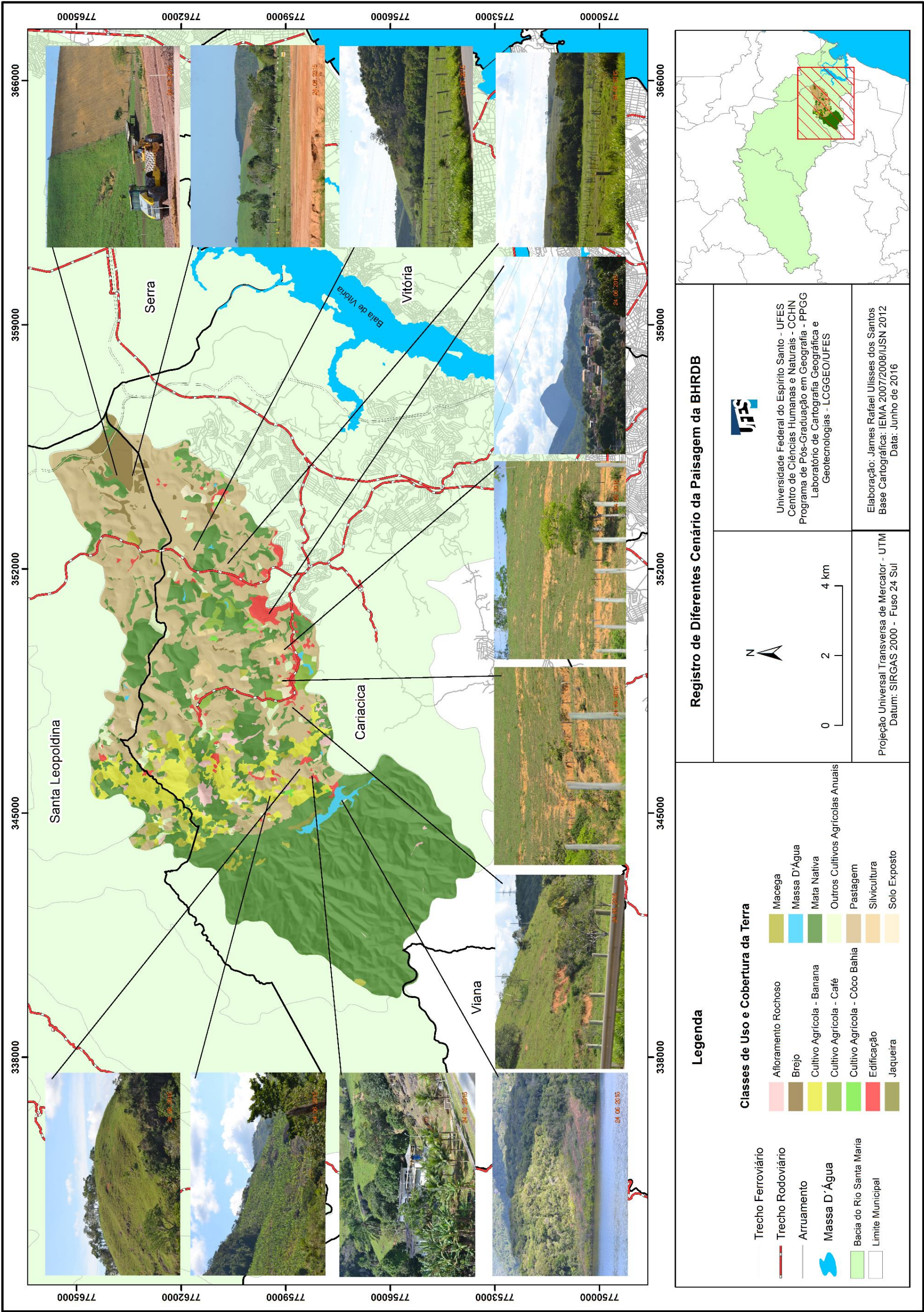


Fonte: Acervo do autor (2015).

Na Figura 36 foram espacializados diferentes cenários da paisagem na área de estudo, sendo observado a presença de Mata Nativa conservada no interior da REBIO de Duas Bocas, tratando-se de vegetação originária da Mata Atlântica, sendo encontrado também, intercalada com Mata Nativa, a presença de cultivos de Café e Banana, principalmente, na direção das porções central e montante da bacia.

Por outro lado, no sentido central e jusante da bacia, a paisagem é marcada com a presença de propriedades rurais de criação de gado de corte e leiteiro, onde começa a ser notado o surgimento de processo erosivos, como ravinas originadas devido ao pisoteio do gado. Verificou-se também alterações morfológicas na planície de inundação decorrentes da construção de uma estrada asfáltica, sendo evidenciado pela presença de máquinas realizando a terraplenagem.

Figura 36 - Mapas de Uso e Cobertura da Terra de 2012 com fotografias de diversos cenários da BHRDB, caracterizando as diferentes paisagens



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

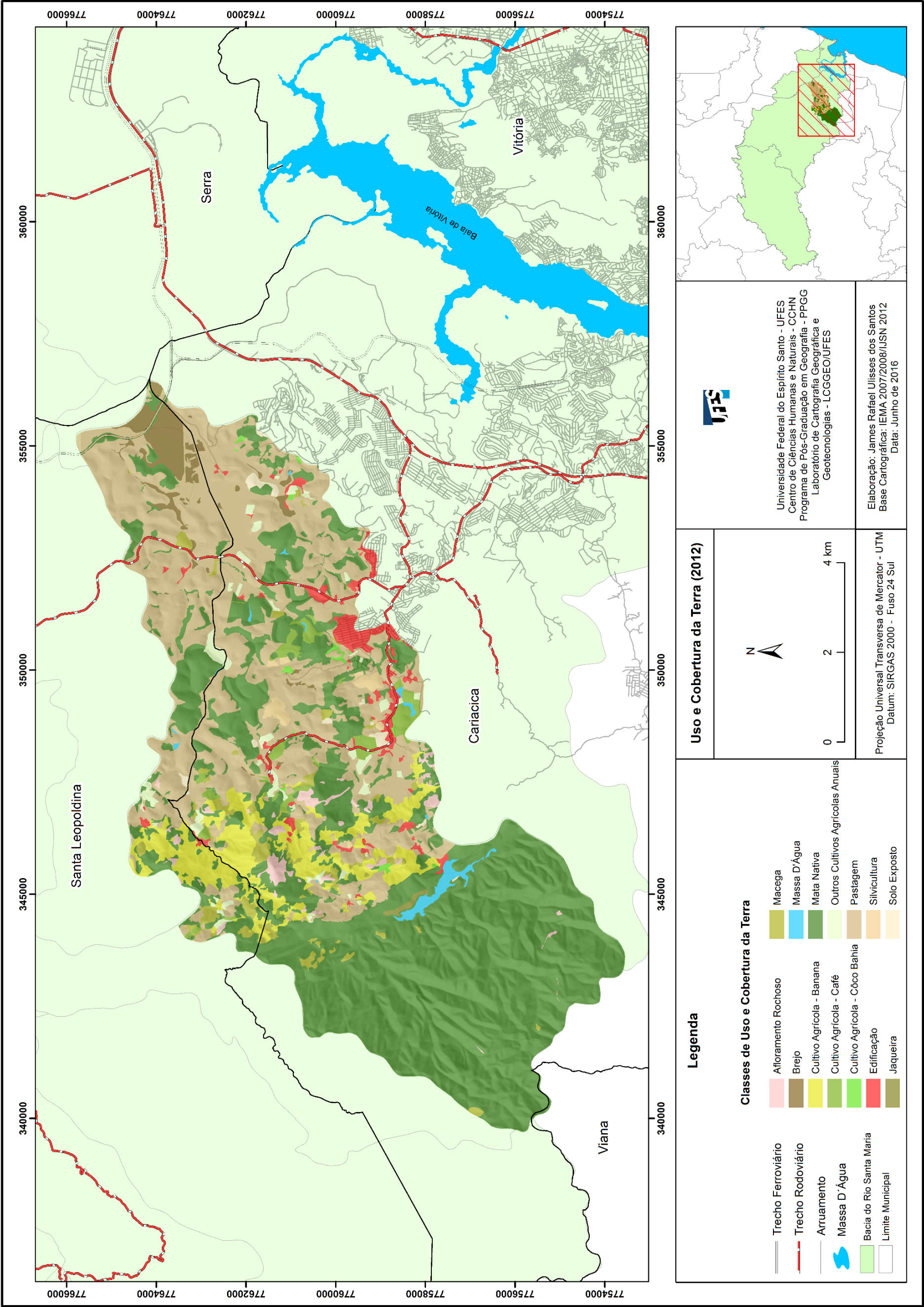
As áreas dentro da bacia que correspondem a classe de Edificações contemplam uma dimensão em torno de 2,15km², com percentual de 2,33%. Em 1970 esses valores equivaliam a 1,06km² e 1,14% respectivamente, apresentando um aumento de 1,19%. Já na correlação com o ano de 2008, que compreendia 1,46km² e percentual de 1,58%, o aumento ficou na casa dos 0,75%.

Observa-se que o crescimento na classe de Edificações foi bem maior em relação a 1970, porém de 2008 para 2012 não houve um aumento expressivo, uma vez que o processo de expansão urbana de Cariacica não avançou para dentro do perímetro da bacia de Duas Bocas, ficando restrito a uma pequena parcela da sede do município (Figura 37).

Uma classe que apresentou mudança significativa foi a de Macega, que em 1970 tinha uma extensão de 22,24 km² com percentual de 24,1%, sendo que, em 2008 perfazia 2,72km² com percentual de 2,95%, assim conferindo uma diminuição bastante expressiva de 21,15%.

Portanto, em 2012, essa área representou 2,02 km² e percentual de 2,19%, cuja diferença em relação a 1970 e 2008 foi de 21,91% e 0,76%, respectivamente. Pode-se inferir que a diminuição substancial da classe de Macega deve-se ao aumento das classes de Mata nativa e Pastagem, conforme foi constatado nos percentuais dos três anos analisados.

Figura 37 - Mapa das classes de uso e cobertura da terra do ano de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.3.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva

Para a determinação da vulnerabilidade erosiva de 2012, por meio da análise integrada da paisagem, adotou-se as mesmas variáveis e procedimentos metodológicos de 1970 e 2008. Na Tabela 17 estão representados os percentuais das classes vulnerabilidade erosiva.

Tabela 17 - Níveis e porcentagem da vulnerabilidade erosiva do ano de 2012 da bacia hidrográfica do rio duas Bocas

Classes de Vulnerabilidade	Porcentagem (%)
Muito Baixa (1)	3,08
Baixa (2)	38,68
Média (3)	55,00
Alta (4)	3,24
-	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A classe de Vulnerabilidade Muito Baixa apresentou o menor percentual do total da área com 3,08%, corresponde aos topos de morros em relevo suave ondulado e ondulado, com declividade entre 6 a 12% e 12 a 20%. Tendo como unidade geomorfológica principal as Colinas e Maciços Costeiros, já a classe de solo que predominou foi a dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO (EMBRAPA, 2013). O uso e cobertura da terra é composto pelas classes de Mata Nativa e Pastagem, e a precipitação teve um comportamento com intervalos de: 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm.

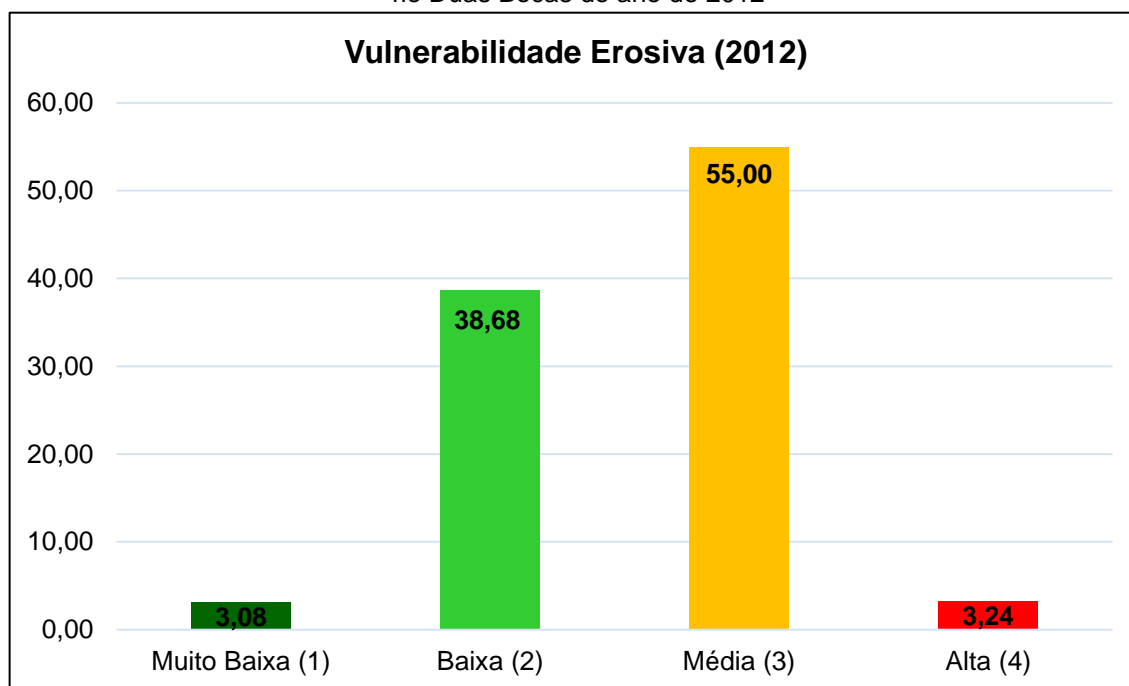
A classe de Vulnerabilidade Baixa teve o segundo maior percentual da área com 38,68%, correspondendo as vertentes com declividade de 6 a 12% e 12 a 20%, em relevo tanto ondulado como suave ondulado e plano, e tendo como unidades geomorfológicas os Patamares Escalonados Sul Capixaba, Colinas e Maciços Costeiros e as Planícies Fluviais.

Para essa classe, os solos são constituídos pelos CAMBISSOLOS HÁBLICOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO e GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013). Já em se tratando do uso e cobertura da terra, teve-se as classes de Mata Nativa, Pastagem e brejos. A pluviosidade correspondente a essa classe apresentou intervalos de: 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm, 1.198 a 1.338mm.

Com relação a classe de Vulnerabilidade Média (Figura 38) o percentual apresentado foi o maior com 55% do total da área, caracterizando-se por compreender as vertentes com declividade, variando de jusante ao centro da bacia, de 6 a 12% e 12 a 20%, e de centro a montante de 20 a 30%, 30 a 45% e 45 a 60%, em relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso. As unidades geomorfológicas predominantes são dos Patamares Escalonados Sul Capixaba, Colinas e Maciços Costeiros e Tabuleiros Costeiros (IJSN, 2012).

Os solos que predominantes foram os CAMBISSOLOS HÁPLICO e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO em associação com ARGISSOLOS e GLEISSOLOS (EMBRAPA,2013), e quanto ao uso e cobertura da terra as principais classes são de Mata Nativa, Pastagem e cultivos agrícolas de Banana e Café e Edificações. Nesse contexto, a precipitação apresentou intervalos de: 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm, 1.198 a 1.338mm, 1.338 a 1.479mm.

Figura 38 - Gráfico com as porcentagens da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas do ano de 2012

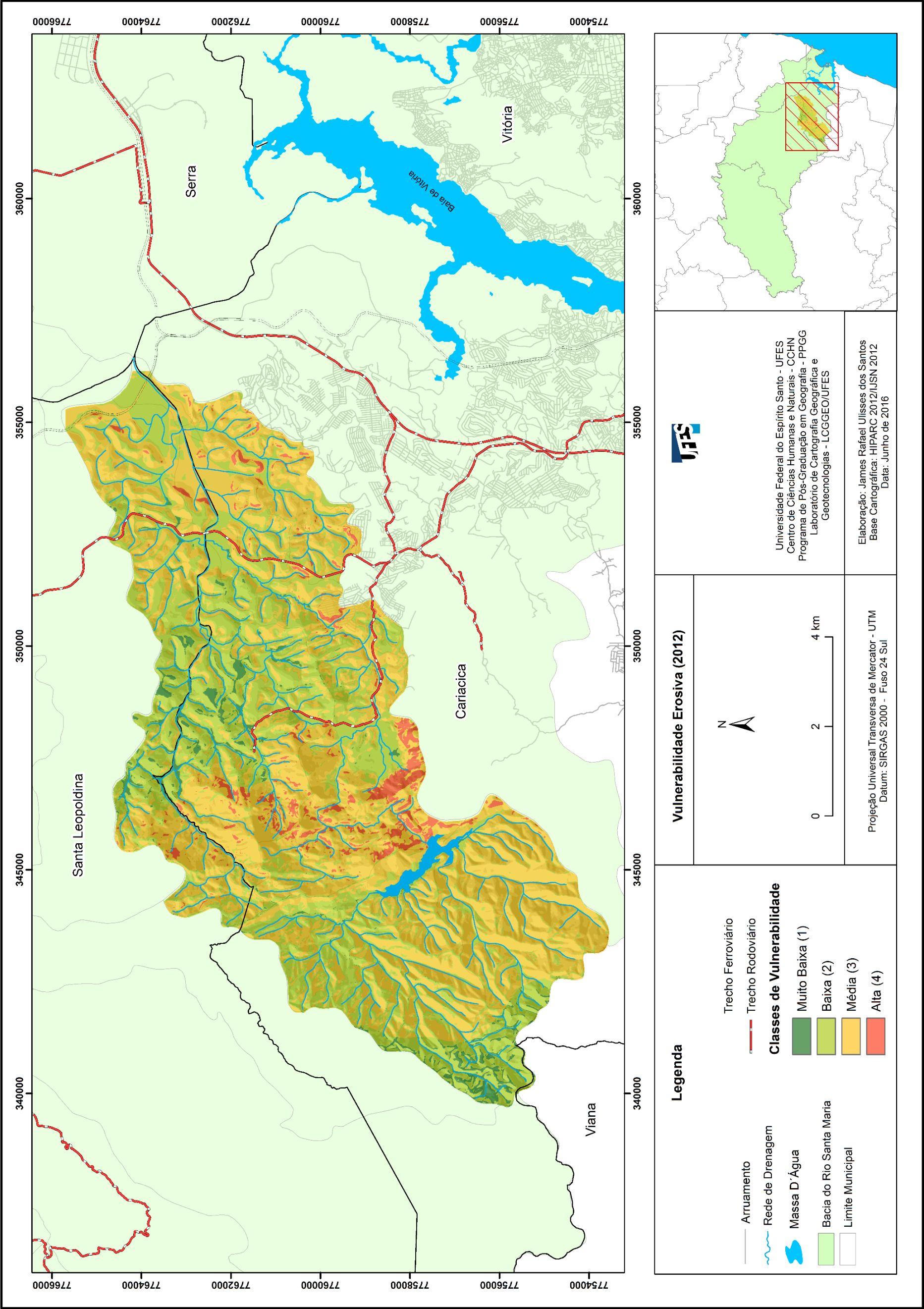


Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Vulnerabilidade Alta (Figura 39) deteve o segundo menor percentual com 3,24% da área, estando espacializada nas vertentes íngremes em relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, principalmente nas porções central e montante, apresentando declividade de 30 a 45%, 45 a 60% e acima de 60%, e a jusante, correspondendo aos terraços fluviais com declividade variando de 6 a 12% e 12 a 20%. Como unidades geomorfológicas destacaram-se os Patamares Escalonados Sul Capixaba, Colinas e Maciços Costeiros e os Tabuleiros Costeiros (IJSN, 2012).

Como classes de solos predominaram as dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS e LATOSSOLOS associados aos ARGISSOLOS (EMBRAPA, 2013), e no que compete ao uso e cobertura da terra, as classes predominantes foram de Mata Nativa, cultivo agrícola de Banana e Café, Pastagem, Edificações e Brejo. A pluviosidade registrada nessa classe teve intervalos de: 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm, 1.198 a 1.338mm

Figura 39 - Mapa das classes de vulnerabilidade do ano de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.3.3 Comparativo da Vulnerabilidade Erosiva de 2012 em função da Normal Climatológica.

Na Tabela 18 são apresentados os percentuais das classes de vulnerabilidade erosiva dos dois cenários de 2012. Esses cenários foram modelados da mesma forma que no ano de 2008, tendo como único fator diferenciador a variável pluviosidade. No cenário 1 utilizou-se os totais acumulados de chuva da normal climatológica, e, no cenário 2, a chuva do ano de 2012.

Sendo assim, pode-se constatar que no cenário 1 a classe de vulnerabilidade muito baixa apresentou um percentual de 1,97%, e no cenário 2 para a mesma classe o valor foi de 3,08%, contribuindo com um aumento de 1,11%. A classe baixa no cenário 1 apresentou percentual de 36,10% e no cenário 2 esse valor foi de 38,68%, evidenciando um aumento de 2,58%.

Já a classe média no cenário 1 teve 50,68% e no cenário 2 55,00%, conferindo um aumento de 4,32%. No que concerne à classe alta o percentual foi de 11,25% no cenário 1 e de 3,24% no cenário 2, com isso, obtendo-se uma redução na taxa de 8,01%.

Tabela 18 - Porcentagens das classes de vulnerabilidade erosiva de 2012 em dois cenários, no primeiro em função do ritmo de chuva da normal climatológica e o segundo a chuva do ano em análise.

Classes de Vulnerabilidade	Porcentagem (%) 2012/Normal (Cenário 1)	Porcentagem (%) 2012 (Cenário 2)	Diferença de Percentual
Muito Baixa (1)	1,97	3,08	1,11
Baixa (2)	36,10	38,68	2,58
Média (3)	50,68	55,00	4,32
Alta (4)	11,25	3,24	8,01
Total	100	100	16,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A partir da análise dos dados da tabela acima pode-se constatar que o cenário 2 apresentou as maiores porcentagens de vulnerabilidade erosiva, especificamente, nas classes baixa e média, bem como no cenário 1 onde essas mesmas classes tiveram valores muito próximos. Mas a maior diferença foi na classe alta do cenário 2, que evidenciou uma redução da ordem de 8,01%. Diante disso, verificou-se que a variável chuva um fator determinante, tendo em vista que os totais pluviômetros acumulados de 2012 foram bem inferiores que os da normal climatológica.

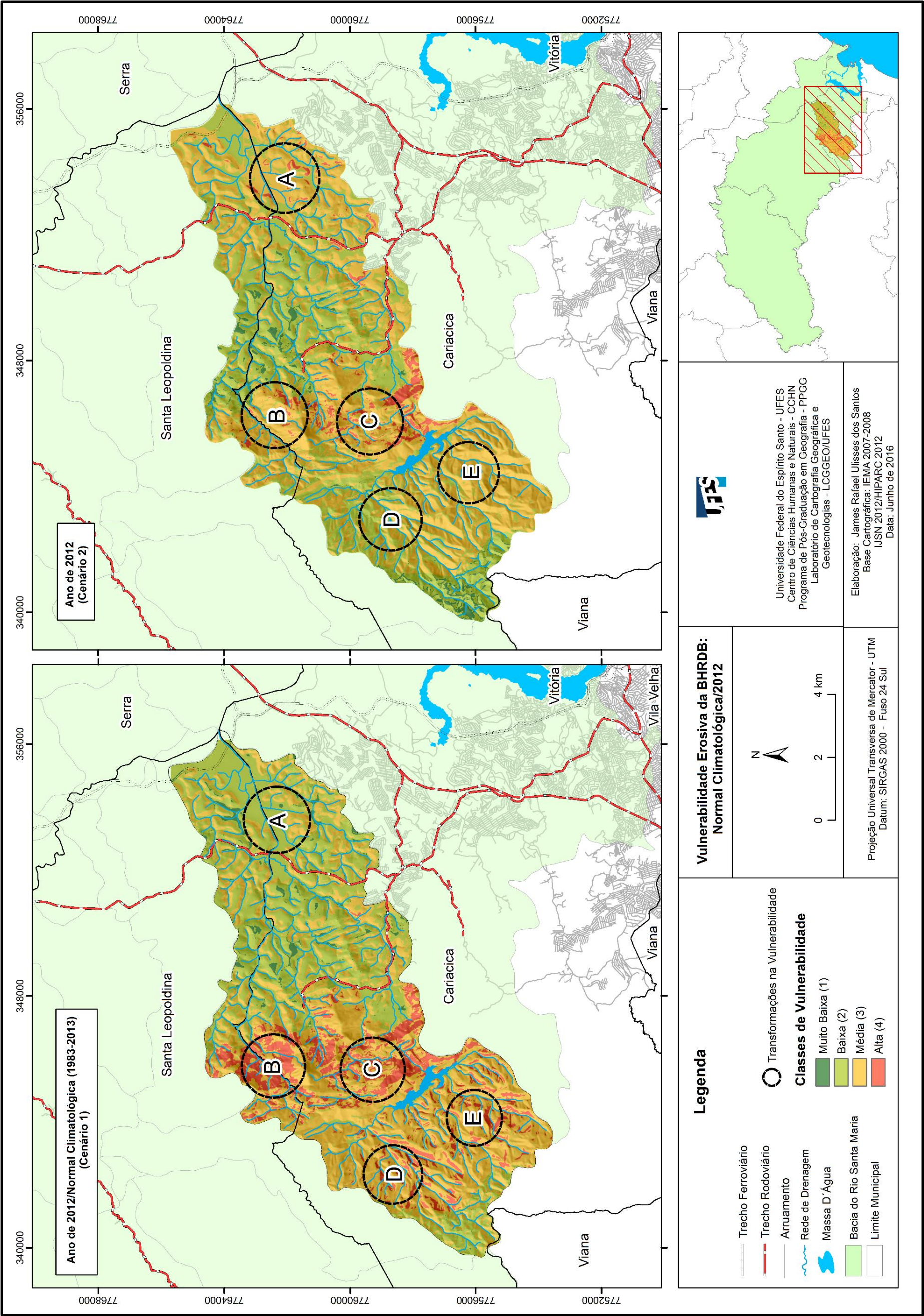
Na Figura 40 foram especializadas as classes de vulnerabilidade erosiva em dois cenários, sendo o primeiro em função da chuva da normal climatológica, e o segundo em relação a chuva do ano em questão. As marcações circulares representadas pelas letras A, B, C, D e E, configuram as transformações mais significativas na paisagem.

Desse modo, observou-se no ponto A do cenário 1 que a classe predominante foi a baixa, já no ponto A do cenário 2 prevaleceu a classe média. Essa porção da bacia compreende as planícies e os terraços fluviais, com declividade de 6% e de 6% a 12%, tendo como solos os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e os GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013), e como uso e cobertura da terra, evidenciaram-se as classes de Pastagem e Brejo. A pluviosidade apresentou um comportamento com intervalo de: 1.338 a 1.479mm.

No ponto B do cenário 1 a classe alta foi a de maior predominância, e no B do cenário 2, prevaleceu a classe média, sendo estas espacializadas na porção central da área. A declividade varia de 20 a 30% e 30 a 45%, tendo como solos os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (EMBRAPA, 2013), e apresentando como uso e cobertura da terra os cultivos agrícolas de Banana e Café. A pluviosidade apresentou variação de: 776 a 916mm.

Com relação ao ponto C, tanto no cenário 1 como no cenário 2, as classes mais representativas foram a alta e média, estando também compreendidas na porção central da bacia. A variação da declividade é de 30 a 45% e 45 a 60%, tendo como classe de solos os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (EMBRAPA, 2013), e como uso e cobertura da terra o cultivo agrícola de Banana, Pastagem e Edificações. Os totais pluviométricos acumulados apresentaram intervalos com amplitudes de: 1.057 a 1.198mm e 1.198 a 1.338mm.

Figura 40 - Mapas dos cenários alternativos da vulnerabilidade erosiva de 2012 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas. No cenário 1, a modelagem foi realizada com as variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra de 2012 e os dados de chuva da normal climatológica (1983-2013). No cenário 2, as variáveis declividade, solos e uso e cobertura da terra foram as mesmas do cenário, exceto os dados de chuva, foram referentes ao ano de 2012



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

No ponto D do cenário 1 as classes que predominaram foram de média e alta, e em D do cenário 2 as classes significativas foram baixa e média. No que concerne ao ponto E do cenário 1, este também apresentou classes média e alta, bem como o ponto E do cenário 2, com as classes baixa e média. Nesses pontos os valores de declividade foram de 30 a 45%, 45 a 60% e acima de 60%. A variação pluviométrica nessa porção apresentou uma amplitude com os intervalos de: 776 a 916mm, 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm, 1.198 a 1.338mm.

As marcações D e E estão localizadas no interior da REBIO, na porção a montante da área, estando nas maiores altitudes e declividades, em relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, apresentando como classe de solos a dos CAMBISSOLOS HÁBLICOS, e como uso e cobertura da terra a classe predominante teve-se Mata Nativa. Além disso, esses pontos abrangem as nascentes das bacias dos córregos Pau Amarelo, Naia-Assú, Pannels e Sertão Velho.

Contudo, as análises permitiram concluir que, após a modelagem das variáveis supracitadas nos dois cenários, a pluviosidade foi o fator delineador que proporcionou as transformações quanto a vulnerabilidade erosiva. Tendo em vista que, assim como ocorreu com o comparativo dos cenários de 2008, o elemento exclusivo no processo foi a distribuição espacial anual da chuva. No caso de 2008 a amplitude dos intervalos ficou mais próxima da normal climatológica, diferentemente da precipitação de 2012 que apresentou intervalos bem inferiores aos da normal e dos outros anos analisados.

5.1.4 VULNERABILIDADE EROSIVA DE 2013

A vulnerabilidade erosiva do ano de 2013 foi modelada, cruzando-se as mesmas variáveis e utilizando o mesmo princípio metodológico que dos anos de 1970, 2008 e 2012, para a análise da paisagem.

5.1.4.1 Influência dos Totais Pluviométricos Acumulados

O total pluviométrico anual do ano de 2013 na área estudo, foi atípico em relação ao volume de chuva da normal climatológica e dos anos de 2008 e 2012. Tendo em vista que, o quantitativo da precipitação foi muito superior aos supracitados anos.

Desse modo, fazendo um comparativo entre os quatro anos analisados, pode-se constatar as diferenças nos totais pluviométricos da bacia. Assim a chuva referente a

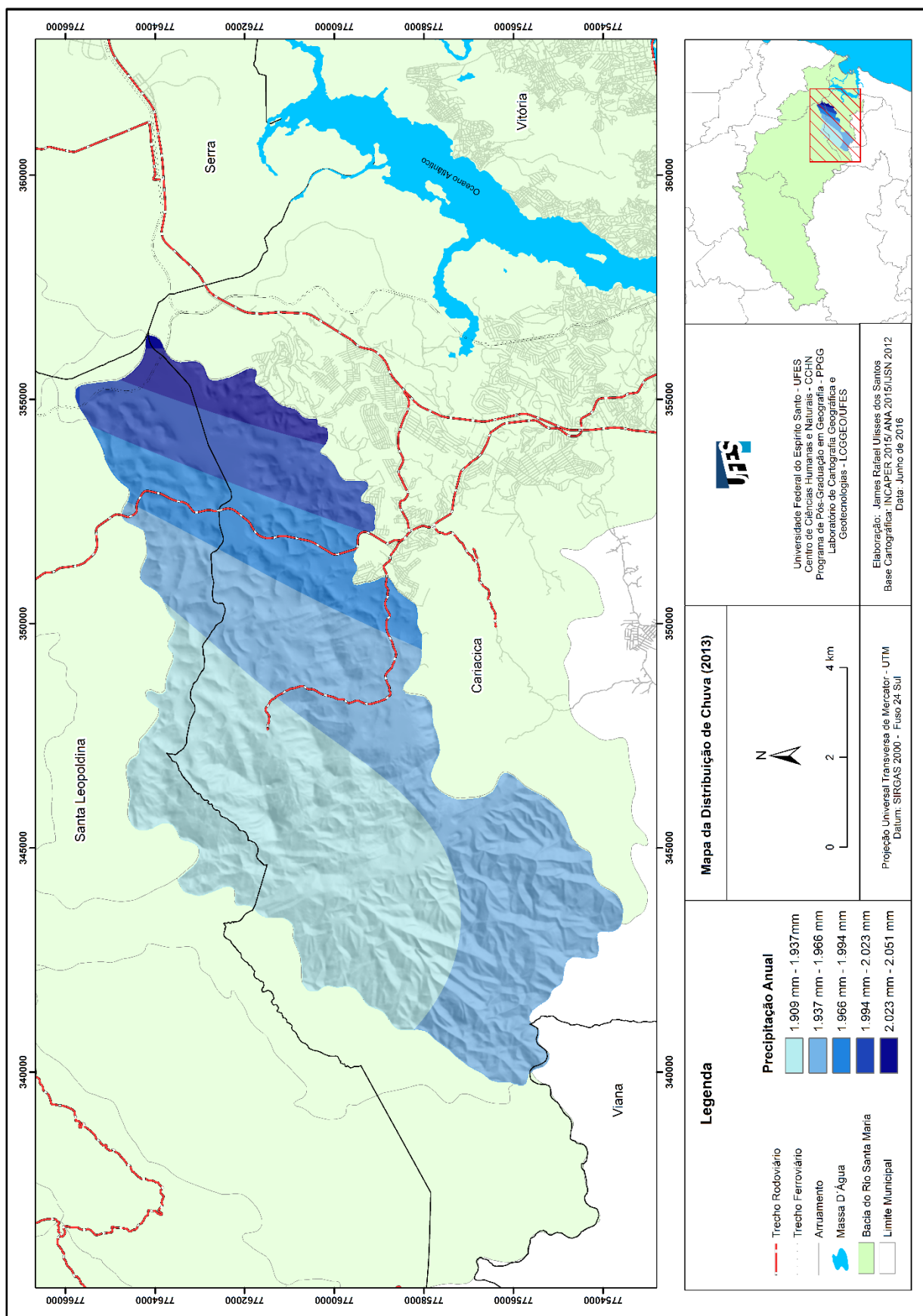
normal climatológica apresentou os seguintes intervalos: 1.307 a 1.377mm, 1.377 a 1.447mm, 1.447 a 1.517m, 1.517 a 1.587mm, 1.587 a 1.657mm.

No entanto, em relação ao ano de 2008, a distribuição de chuva ficou compreendida entre intervalos de: 1.305 a 1.391mm, 1.391 a 1.478mm, 1.478 a 1.565mm, 1.565 a 1.651mm, 1.651 a 1.738mm. Já em 2012, foram registrados os menores volumes de chuva, onde as classes apresentaram amplitudes entre os intervalos de: 776 a 916mm, 916 a 1.057mm, 1.057 a 1.198mm, 1.198 a 1.338mm, 1.338 a 1.479mm.

Contudo, para o ano de 2013, foi verificado que o comportamento da precipitação apresentou amplitude de intervalo com as classes variando de: 1.909 a 1.937mm, 1.937 a 1.966mm, 1.966 a 1.994mm, 1.994 a 2.023mm, 2.023 a 2.051mm. Com isso, foi perceptível a grande discrepância no gradiente das classes de chuva em relação aos demais anos.

Dessa forma, comparando os totais acumulados de chuva da normal climatológica (sendo a série histórica de 1983 a 2013) com os outros anos estudados, verificou-se que o ano que apresentou o total acumulado anual mais próximo da chuva da normal foi 2008. Já 2012, foi o ano que apresentando as menores precipitações, se distanciando da chuva da normal e dos demais anos. No caso de 2013, esse caracterizou-se como um ano atípico, onde o total pluviométrico acumulado excedeu a quantidade de chuva estimada para o ano (Figura 41).

Figura 41 - Mapa do índice pluviométrico de 2013 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.1.4.2 Determinação da Vulnerabilidade Erosiva

A vulnerabilidade erosiva de 2013 foi determinada seguindo o mesmo procedimento metodológico e atributos naturais e antrópicos dos anos de 1970, 2008 e 2012, tendo como única diferença na modelagem a utilização do uso e cobertura da terra de 2012, devido a inexistência de uma classificação de 2013.

Nesse contexto, a vulnerabilidade erosiva dos outros anos, conforme a metodologia de Ross (1994), e Amaral e Ross (1994) foi determinada pelo modelo em quatro classes (Muito Baixa, Baixa, Média e Alta), já para esse ano, foram geradas três classes, sendo-as: Baixa, Média e Alta. Na Tabela 19 são destacadas as porcentagens das classes de vulnerabilidade.

Tabela 19 - Classes de e porcentagens da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas no ano de 2013

Classes de Vulnerabilidade	Porcentagem (%)
Baixa (2)	14,70
Média (3)	56,08
Alta (4)	29,22
-	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Vulnerabilidade Baixa mostrou-se com o menor percentual da área com 14,70%, estando compreendida nos topos de morros, nos fundos de vale e em parte da planície de inundação, em um relevo ondulado, suave ondulado e plano, com declividade variando de 6 a 12% e 12 a 20%. Como unidades geomorfológicas, teve-se as Colinas e Maciços Costeiros e as Planícies Fluviais. (IJSN, 2012).

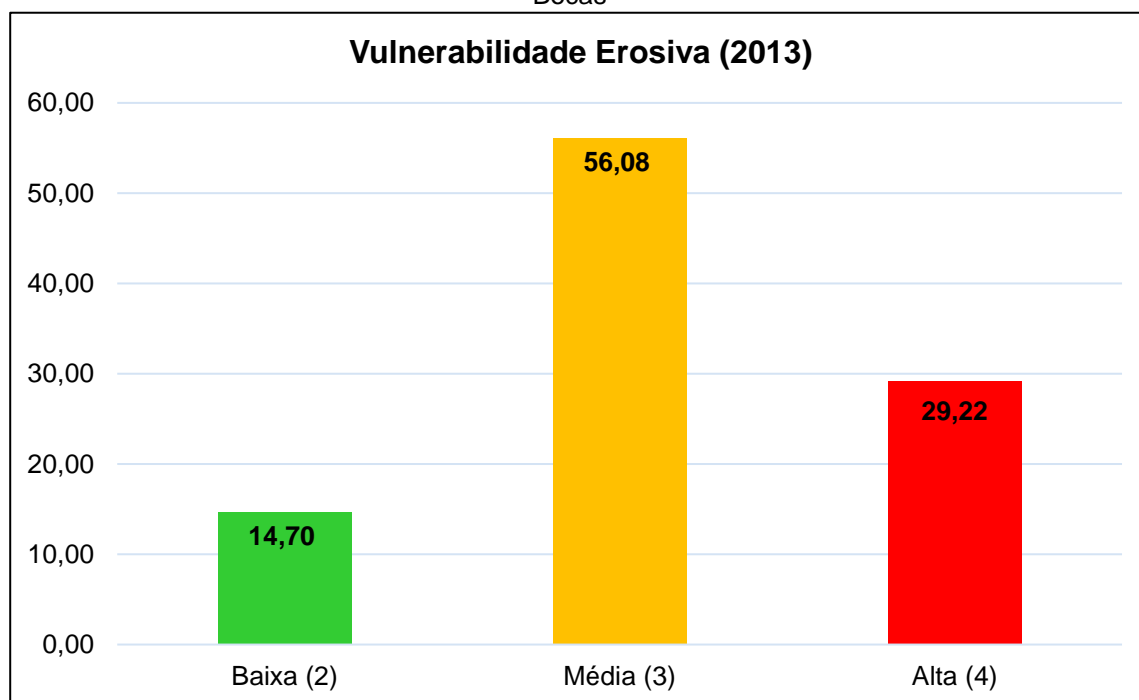
As classes de solos presentes são dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO e GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013). Já em relação ao uso e cobertura da terra, ocorreu o predomínio das classes de Mata Nativa, Pastagem e Brejo, e quanto a precipitação total anual acumulada, foram registrados para esse recorte espacial, intervalos de: 1.937 a 1.966 mm, 1.966 a 1.994mm, 1994 a 2.023mm.

No caso da classe de Vulnerabilidade Média (Figura 42), foi a detentora do maior percentual com 56,08% do total da área, compreendendo as vertentes com intervalos de declividade da jusante à porção central, entre 6 a 12% e 12 a 20%, em relevo plano, suave ondulado e ondulado, e da central para a montante com intervalos entre 20 a

30% e de 30 a 45%. As unidades geomorfológicas dessa porção, correspondem aos Patamares Escalonados Sul Capixaba, Colinas e Maciços Costeiros, Tabuleiros Costeiros e Planície Fluvial (IJSN, 2012).

Como classes de solos predominaram as dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associado aos ARGISSOLOS e os GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2013). As principais classes de uso e cobertura da terra foram de Mata Nativa, Pastagem e Brejo, e no que concerne a precipitação total anual acumulada, a amplitude dos intervalos foram de: 1.909 a 1.937mm, 1.937 a 1.966mm. 1.966 a 1.994mm, 1.994 a 2.023mm, 2.023 a 2.051mm.

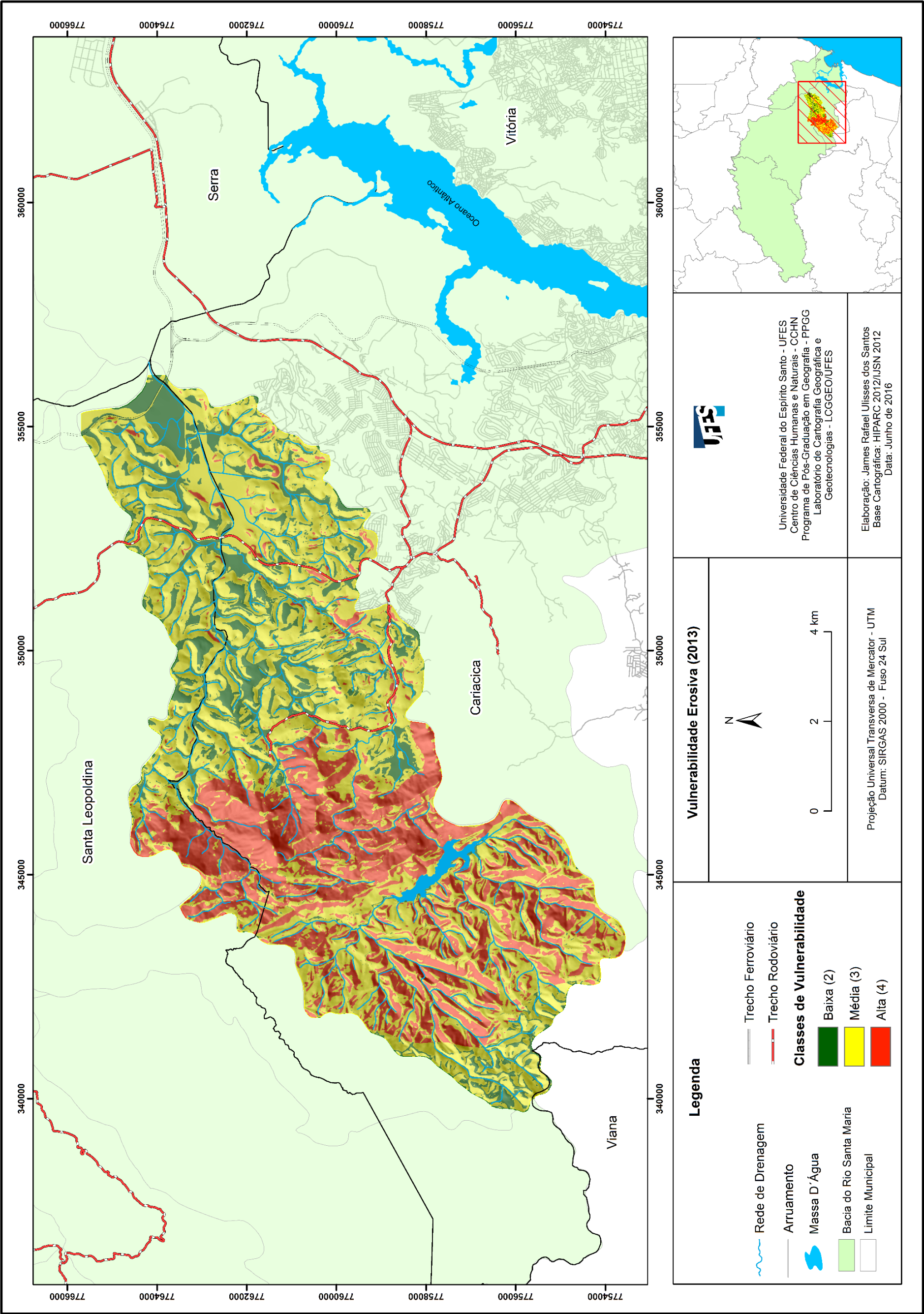
Figura 42 - Porcentagem da vulnerabilidade erosiva de 2013 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A classe de Vulnerabilidade Alta (Figura 43) apresentou 29,22% do percentual total, especializada, principalmente, nas porções central e montante sobre vertentes íngremes, com declividade de 30 a 45%, 45 a 60% e acima de 60%, inserida em relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, surgindo também, de forma pontual, à jusante. Essa categoria é representada pelas unidades geomorfológicas dos Patamares Escalonados Sul Capixaba e pelos Tabuleiros Costeiros (IJSN, 2012)

Figura 43 - Mapa das classes de vulnerabilidade do ano de 2013 da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

As classes de solos são formadas pelos CAMBISSOLOS HÁPLICOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associados aos ARGISSOLOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS (EMBRAPA, 2013), e como classes de uso e cobertura da terra teve-se a cobertura de Mata Nativa, Macega, Pastagem, Solo Exposto, cultivo agrícola de Banana e Café, Brejo e Edificações. No caso precipitação, valores de intervalos foram de: 1.909 a 1.937mm e 1.937 a 1.966mm.

No entanto, notou-se que em alguns pontos da bacia onde prevaleceu os menores totais acumulados da precipitação, a vulnerabilidade erosiva apresentou-se como alta, isso ocorreu porque mesmo como menores intervalos de precipitações, o quantitativo de chuva foi muito elevado, visto que, os menores intervalos para esse de 2013 foi de: 1.909 a 1.937mm e de 1.937 a 1.966mm.

O ano de 2013 mesmo apresentando um total de chuva acumulado muito acima do esperado para o ano, tendo a menor classe apresentado 1.909mm e a maior com 2.051mm, a amplitude foi apenas de 0,142mm. Isso implica inferir que, o predomínio das classes de vulnerabilidade média e alta, ocorreu devido a elevada precipitação está distribuída praticamente por toda a área de estudo. Além disso, existe a integração com as variáveis declividade, uso e cobertura da terra e os solos suscetíveis aos processos erosivos.

Na Figura 44 é possível observar uma vertente íngreme localizada na porção central da bacia, próxima a REBIO de Duas Bocas, inserida em relevo forte ondulado e escarpado, tendo como classe de uso e cobertura da terra pastagem e com classe de solos os CAMBISSOLO HÁPLICO. Essa classe de solo tem como aspectos horizontes pouco desenvolvidos, sendo característico pela elevada suscetibilidade aos processos erosivos.

A vulnerabilidade erosiva nessa fração da área verificou-se com as classes média e alta, isso evidenciou-se pela presença de cicatrizes erosivas ao longo da vertente, em decorrência do pisoteio do gado, e aliado a fatores como declividade, uso e cobertura da terra e precipitação.

Pode-se notar também a presença de afloramento rochoso no segmento central da vertente e blocos de rochas que foram rolados e depositados no sopé, demonstrando

que nesse tipo de relevo são formados solos pouco desenvolvidos e rasos como os CAMBISSOLOS HÁPICOS encontrados nessa porção da bacia.

Figura 44 - Vertente íngreme ocupada por pastagem e com presença de CAMBISSOLO HÁPLICO, classe de solo com elevado potencial de suscetibilidade erosiva



Fonte: Acervo do autor (2015).

Contudo, Santos e Sobreira (2008) estudando a fragilidade e a vulnerabilidade natural dos processos erosivos nas bacias do córrego Carioca, córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do alto rio das Velhas (MG), constataram que as feições do relevo que mostraram-se mais dissecadas apresentaram tendência para uma alta vulnerabilidade erosiva [...]. Ainda segundo os autores, em áreas com solos pouco desenvolvidos e apresentando alta vulnerabilidade, os processos erosivos tornam-se menos suscetíveis, em função da ação amenizadora da cobertura florestal, quando existente, permitindo uma maior proteção aos solos.

Conforme ainda Santos e Sobreira (2008) verificou-se que nas bacias estudadas grande parte das porções com vulnerabilidade baixa, estão sobre CAMBISSOLOS HÁPLICO, que teoricamente deveriam apresentar vulnerabilidade alta, mas em decorrência existência de Mata Nativa ou Cerrado, comporta-se com grau de

vulnerabilidade muito baixa e baixa, mesmo estando inseridos em relevo dissecado, com tendência para vulnerabilidade alta.

Partindo desse princípio, Messias et al (2012), estudando a fragilidade ambiental por meio de técnicas de geoprocessamento em área de influência da hidrelétrica de Funil em Minas Gerais, com base em Ross (1994), evidenciaram que as áreas de relevo colinosos, com presença de LATOSSOLOS, são pouco suscetíveis aos processos erosivos, caracterizando-se e uma fragilidade muito baixa.

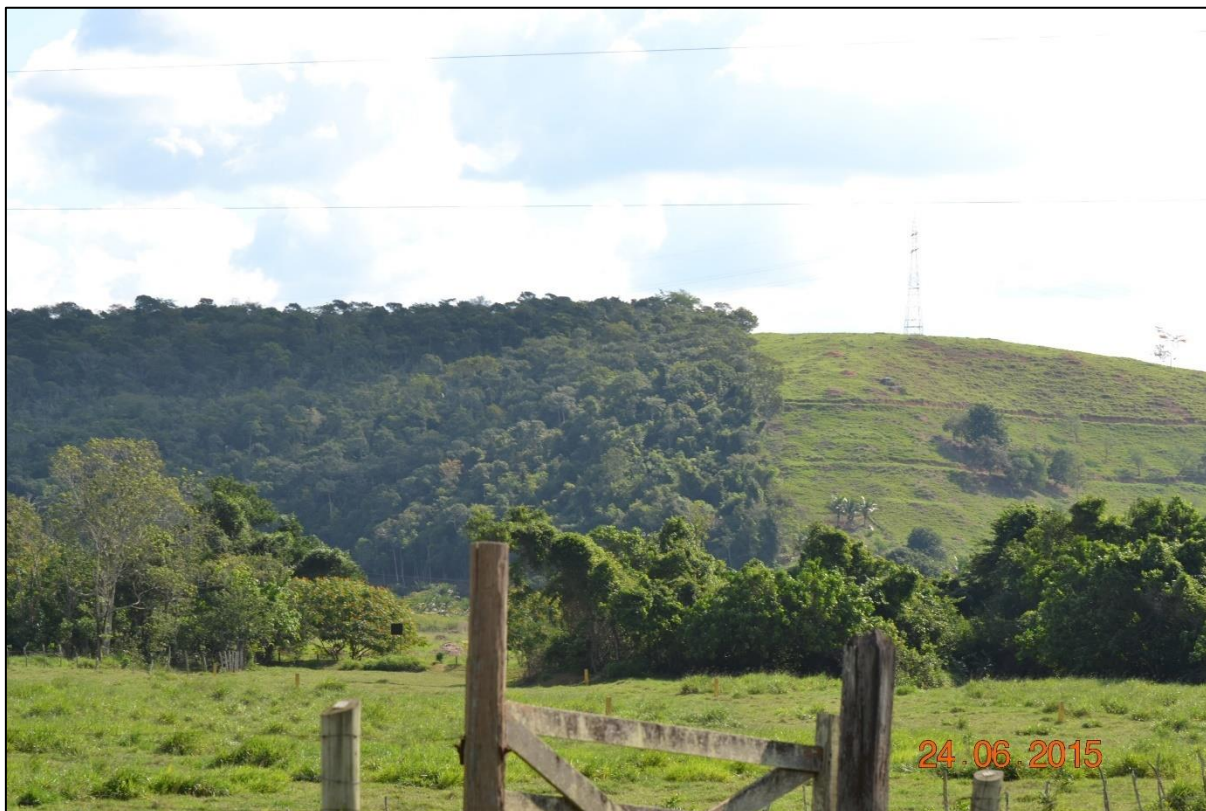
A fragilidade muito baixa em LATOSSOLO ocorre devido a sua boa permeabilidade e capacidade de drenagem, além da baixa relação textural B/A (com pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B) (GUERRA E BOTELHO, 1998). Foi evidenciado, também por Messias et al. (2012), que a classe dos solos HIDROMÓRFICOS (na classificação da Embrapa de 2013, denomina-se de GLEISSOLOS), apresentou-se nas áreas de planícies fluviais dos rios e córregos a classe de fragilidade muito baixa.

Na Figura 45 são identificadas diferentes configurações na paisagem da bacia de Duas Bocas, onde pode ser observado uma vertente com presença de Mata Nativa, de lado esquerdo, caracterizando assim uma porção conservada sem a ação direta do homem, e do lado direito verificando-se a presença de Pastagem com marcas de pisoteio do gado, simbolizando a ação antrópica agindo diretamente nas transformações da paisagem.

Esse recorte espacial, por localiza-se na porção inferior da bacia, também abrange uma extensa área de planície fluvial, recoberta, em quase sua totalidade, por Pastagem, em relevo ondulado, suave ondulado e plano, e tendo como classe de solos o GLEISSOLO. Já na vertente que contrasta Mata Nativa com Pastagem a classe de solos corresponde é do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

No tocante a vulnerabilidade erosiva, a área apresentou uma predisposição na vertente tanto no lado com vegetação nativa, como no lado com pastagem, para as classes baixa e média. Na parte da planície a classe de vulnerabilidade predominante foi a média. Desse modo, os fatores que determinaram o potencial à erosão, além do uso e cobertura da terra, foram: declividade, solos e precipitação.

Figura 45 - Vertente mostra o contraste na paisagem quando ao uso e cobertura da terra na bacia do rio Duas Bocas



Fonte: Acervo do autor (2015).

Assim como observado por Messias et al. (2012) na área de influência da hidrelétrica de funil em Minas Gerais, na bacia do rio Duas Bocas os GLEISSOLOS também são encontrados nas planícies fluviais dos córregos, especificamente à jusante do rio principal, e tendo como uso e cobertura da terra a Pastagem e o Brejo. Além do que, nessa porção, são encontradas as menores declividades, variando entre 6% a 12%, com isso caracterizando uma fragilidade (vulnerabilidade) erosiva muito baixa.

Para tanto, na Figura 46 observa-se propriedades rurais com pastagens destinadas a criação de gado, em terrenos de relevo plano, caracterizando as planícies fluviais, com declividade variando de 6% a 12%, tendo como classe de solos os GLEISSOLOS, estes que apresentou vulnerabilidade muito baixa e baixa aos processos erosivos. Ao fundo destaca-se relevo suave ondulado e ondulado em vertentes íngremes com declividade acentuada de 20% a 30%, onde ocorre a predominância dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO associados ao ARGISSOLOS, que caracterizam uma vulnerabilidade erosiva média.

Figura 46 -Vista de propriedades rurais na bacia de Duas Bocas destinadas a criação de gado



Fonte: Acervo do autor (2015).

Messias et al. (2012) verificaram também que na área com presença dos ARGISSOLOS, inseridos em relevo de morros com vertentes suaves e declividade pouco acentuada, o grau/classe de fragilidade foi médio, sofrendo influências constantes nos processos morfo-pedogênicos (ROSS, 1994). No entanto, com relação a bacia do rio Duas Bocas, os ARGISSOLOS estão associados com os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e tendo como uso da terra, Pastagem, em relevo ondulado e suave, com declividade de 12% a 20%, apresentando uma vulnerabilidade erosiva predominante, baixa e média.

Ainda segundo os autores, na área estuda os ARGISSOLOS também estiveram associados aos CAMBISSOLOS, com ocorrência em porções de relevo forte ondulado e montanhas, com percentual de declividade bastante acentuado, apresentam uma suscetibilidade a erosão que varia de acordo com a profundidade dos perfis dos solos. Sendo que, os mais rasos tendem a ser mais suscetíveis, em função da declividade dos terrenos e da existência de horizontes impermeáveis, com presença de afloramentos rochosos próximo da superfície, por outro lado, os que apresentam

camadas mais profundas em terrenos com declividade pouco acentuadas são menos suscetíveis (GUERRA e BOTELHO, 1998; LEPECH, 2011).

No que concerne a bacia do rio Duas Bocas, ocorreu a presença dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS, principalmente a montante, em terrenos com declividade de 30% a cima de 60%, com predomínio de cultivos agrícolas de Café, Banana, Pastagem e Mata Nativa. E também devido a precipitação elevada, as classes de vulnerabilidade erosiva, predominantes foram média e alta.

A Figura 47 trata-se de uma a área com cultivo agrícola de Banana, sendo uma cultura retentora de água, e que pode favorecer o desenvolvimento de movimentos de massa e e processos erosivos, principalmente por está inserida na porção central da bacia de Duas Bocas, com declividades que variam de 30% a 45%, 45% a 60% e acima de 60%, sobre CAMBISSOLO HÁPLICO, que aliado ao fator pluviosidade, potencializa a vulnerabilidade erosiva.

Figura 47 - Plantio agrícola de banana em uma vertente íngreme na área de estudo



Fonte: Acervo do autor (2015).

5.1.5 Síntese Comparativa das Transformações ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Bocas com relação a Vulnerabilidade Erosiva dos Anos Estudados

Na Tabela 20 são apresentados, de forma comparativa, a síntese dos percentuais da vulnerabilidade erosiva referentes a cada ano estudado. Desse modo nota-se que, em 1970, as classes tiveram o seguinte comportamento: muito baixa com 2,92%, baixa com 36,68%, média com 45,71% e alta com 14,69%.

Em 2008 os percentuais das classes de vulnerabilidade apresentaram os seguintes resultados: muito baixa com 4,80%, baixa com 39,86%, média com 48,34% e alta com 7,00%. E em 2012 os percentuais tiveram como resultados: muito baixa com 3,08%, baixa com 38,68%, média com 55,00% e alta com 3,24%. Em relação a 2013, só foram determinadas pelo modelo três classes, sendo-as: baixa com 14,70%, média com 56,08% e alta com 29,22%.

Tabela 20 - Representação das mudanças que ocorreram na área de estudo quanto a vulnerabilidade erosiva dos anos de 1970, 2008, 2012 e 2013, sendo observadas as classes de vulnerabilidade e a porcentagem referente a cada ano

Transformações da Vulnerabilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica de Duas Bocas - ES				
Classes de Vulnerabilidade	Anos e porcentagens (%), que foram analisados no estudo.			
	1970	2008	2012	2013
Muito Baixa (1)	2,92	4,80	3,08	-
Baixa (2)	36,68	39,86	38,68	14,70
Média (3)	45,71	48,34	55,00	56,08
Alto (4)	14,69	7,00	3,24	29,22
-	100	100	100	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Entretanto, analisando os percentuais das classes de vulnerabilidade erosiva dos anos estudados, constatou-se que a vulnerabilidade muito baixa de 1970 a 2008, teve um aumento de 1,88%; de 1970 a 2012 aumento de 0,16%, e de 2008 a 2012 houve uma redução de 1,72%. No caso de 2013 não foi possível fazer um comparativo devido a inexistência dessa classe.

A vulnerabilidade baixa, para os anos de 1970, 2008 e 2012, apresentou os percentuais com resultados muito próximos, correspondendo a um aumento entre 1970 a 2008 de 3,18%, entre 1970 a 2012 de 2,00%; e entre 2008 a 2012 houve uma diminuição de 1,18%. Já na equivalência de 2013 com 1970, 2008 e 2012

respectivamente, teve-se uma diminuição, gerando os seguintes valores: 21,98%, 25,16%, 23,98%, todavia, isso mostrou que a maior disparidade com relação a vulnerabilidade baixa foi do ano de 2013, pois os outros três anos mantiveram uma linearidade no que concerne aos percentuais.

Para tanto, a classe que apresentou os maiores percentuais foi a de vulnerabilidade média, sendo assim, na analogia entre 1970 a 2008, o acréscimo foi de 2,63%; entre 1970 a 2012 ocorreu um aumento de 9,29%; e entre 2008 a 2012 o aumento foi de 6,66%. Contudo, na equivalência de 2013 com os demais anos as porcentagens comportaram-se de seguintes forma, respectivamente: 10,37%, 7,74%, 1,08%. Com isso, verificou-se que as maiores disparidades deram-se de 1970 a 2008, visto que, de 2012 a 2013, o aumento do percentual foi pouco mais de 1%.

No entanto, relacionando a classe de vulnerabilidade alta entre 1970 a 2008 verificou-se uma diminuição de 7,69%; entre 1970 a 2012 a redução foi de 11,45%, já entre 2008 e 2012 houve um decréscimo de 3,76%. Já no comparativo de 2013 com os três anos supracitados respectivamente, os percentuais foram de: 14,53%, 22,22%, 25,98%. Diante disso, notou-se que os anos de 2008 e 2012 foram os que apresentaram os menores percentuais, em detrimento de 1970 e 2013 que tiveram maiores percentuais na classe de vulnerabilidade erosiva alta.

Contudo, identificou-se que em todos os momentos analisados na área que caracteriza um knickpoint¹⁵, inserido no Complexo Nova Venécia, e no contato entre as unidades geomorfológica dos Patamares Escalonados Sul Capixaba e das Colinas e Maciços Costeiros, onde a classe de uso e cobertura da terra predominante é a de cultivo agrícola de Banana, sempre a vulnerabilidade erosiva apresentou a classe alta. Isso indica que existe a necessidade de uma melhor apropriação destes espaços para a agricultura e um planejamento ambiental da bacia em termos de manejo e conservação dos solos, de forma a integrar todas as variáveis geoambientais.

Sendo assim, confirmando o exposto, na Figura 48 observa-se uma vertente cobertura com cultivo agrícola de Banana nos segmentos inferior e central e no segmento

¹⁵ Termo utilizado para caracterizar a ruptura, no perfil longitudinal de um rio. Uma cachoeira, por exemplo, é um *knickpoint*. No entanto, essas rupturas nem sempre são caracterizadas por rupturas tão abruptas, podendo representar um pequeno desnível no perfil longitudinal de um rio (GUERRA e GUERRA, 2011, p.367-368).

superior, o topo, com presença de Mata Nativa, caracterizando-se como uma Área de Preservação Permanente (APP), que nesse caso correspondo a uma encosta ou parte desta com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive (BRASIL, 2012).

No entanto, não só as variáveis: declividade, uso e cobertura da terra (classe de cultivo agrícola de Banana), e a precipitação tornam os terrenos vulneráveis aos processos erosivos, mas também como a variável solos. Para essa área a classe predominante foi dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS, sendo solos encontrados em regiões de relevo dissecado, apresentando horizontes com pouco profundidade, não chegando a atingir 1m de solum, com argilas de atividade média a alta, e de textura moderada, tornando-os suscetíveis aos processos erosivos (EMBRAPA, 2013).

Figura 48 - Vertente na bacia do rio Duas Bocas, ocupada com cultivo agrícola de Banana e com o topo coberto com Mata Nativa, caracterizando-se assim, como Área de Preservação Permanente (APP)



Fonte: Acervo do autor (2015).

Outra área com recorrência da classe de vulnerabilidade alta, foi a da REBIO de Duas Bocas, com exceção para o ano de 2012. Possivelmente tal comportamento esteja associado ao relevo dissecado, predominante em conjunto com as classes de

CAMBISSOLOS HÁPLICOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS que apresentam características que favorecem a erosão.

Tal comportamento, verificado com relação a classe alta, não é ampliado para toda a REBIO, devido a presença de Mata nativa (vegetação típica da Mata Atlântica) cobrindo as vertentes, protegendo os solos contra o efeito do salpicamento, que consequentemente, desencadeia a erosão laminar e/ou em lençol.

A área da REBIO de Duas Bocas, mesmo estando toda recoberta com Mata Nativa, apresentou uma vulnerabilidade erosiva predominante com as classes média e alta, devido a ao relevo dissecado com declividade variando de 30% a 45%, 45% a 60% e acima de 60%. A Figura 49 representa um recorte espacial da paisagem dentro da REBIO, onde pode-se observar parte do espelho d'água da represa de Duas Bocas e ao fundo, Mata Nativa conservada, sem a atuação direta do homem.

Figura 49 - Vista um fragmento da paisagem com presença de Mata Nativa e parte da represa dentro da Reserva Biológica de Duas Bocas (REBIO)



Fonte: Acervo do Autor (2015).

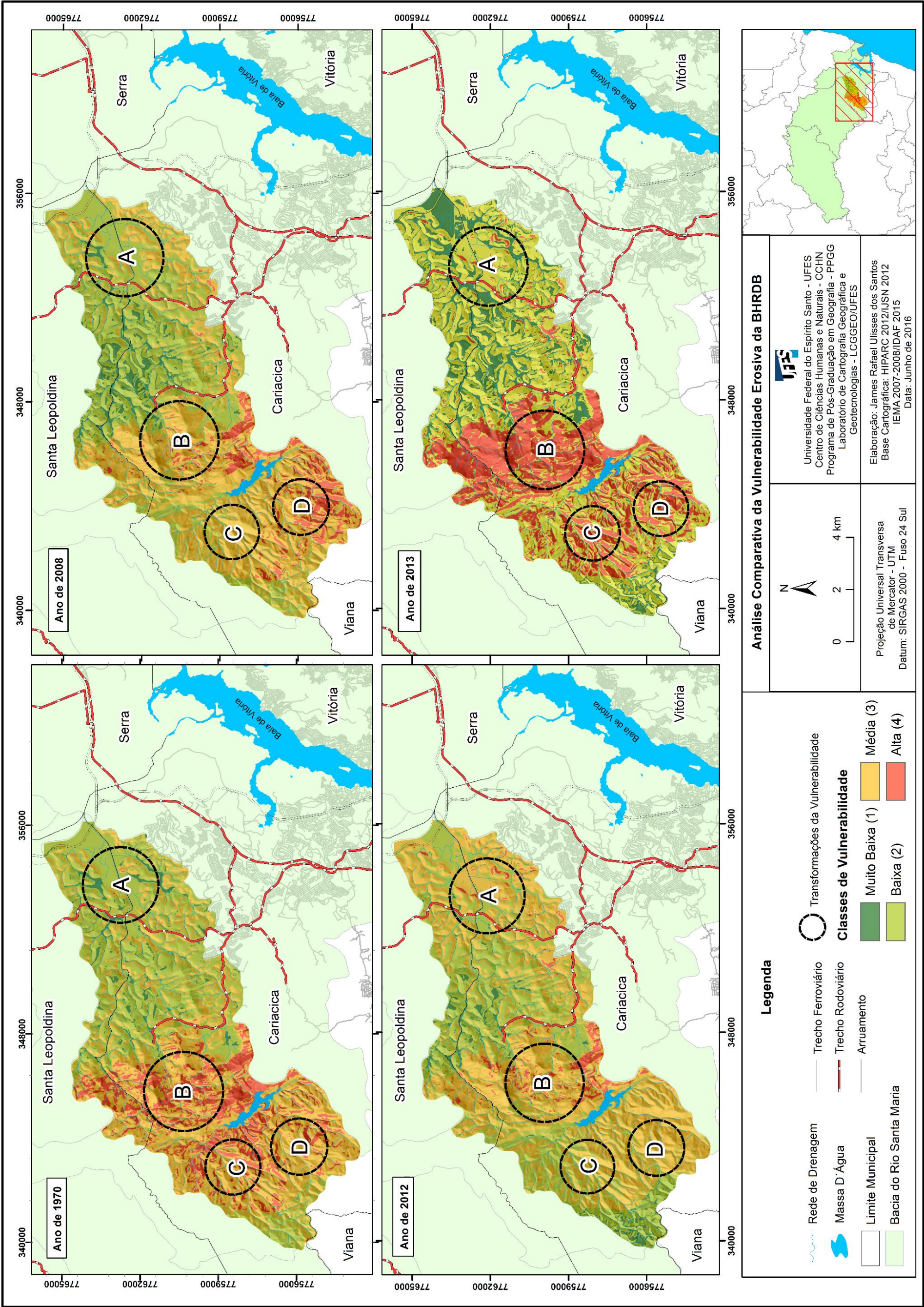
Os estudos de vulnerabilidade erosiva em bacias hidrográficas são de fundamental importância no âmbito do planejamento e gestão, principalmente quando aos seus

elementos geoambientais como: geomorfologia, pedologia, hidrografia, uso e cobertura da terra e pluviosidade (CUNHA, 2008), são analisados de maneira integrada, com auxílio dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG's.

A utilização de ferramentas de SIG na elaboração de produtos cartográficos, como mapas temáticos de vulnerabilidade erosiva, tem se tornado um componente essencial nos estudos voltados para o planejamento ambiental, principalmente em bacias hidrográficas. Sendo, portanto, capaz de analisar e/ou avaliar de maneira integrada, variáveis naturais e antrópicas que compõem a paisagem, permitindo a geração de informações de maneira rápida, e assim, proporcionando a inserção de novas interações em distintas escalas temporo-espaciais. (KAWAKUBO et al., 2005; DONHA et al, 2006; SILVEIRA e CUNHA, 2010; MESSIAS, 2012).

Na Figura 50 os mapas apresentam as mudanças que ocorreram em relação a vulnerabilidade erosiva da área de estudo nos anos de 1970, 2008, 2012 e 2013. Observa-se que, ao focalizar nas marcações circulares, é possível perceber as transformações que ocorreram nos quatro períodos estudados em função das variáveis naturais e antrópicas, e numa perspectiva da análise integrada da paisagem.

Figura 50 - Mapas com as transformações nas classes de vulnerabilidade dos anos de 1970,2008,2012 e 2013, da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a análise do uso e cobertura da terra, pode-se constatar que a classe de Mata Nativa apresentou um gradativo percentual de crescimento ao longo dos anos estudados, com o maior entre todas as outras classes da bacia. Sendo assim, em 1970 tinha uma taxa de 34,11%, em 2008 esse valor correspondeu a 47,99% e em 2012 o valor foi de 48,27%.

O aumento na classe de Mata Nativa deve-se, principalmente, a criação da Reserva Florestal de Duas Bocas com a lei nº 2.095, vindo posteriormente a denominar-se Reserva Biológica de Duas Bocas por meio da lei 4.503. Antes da criação da REBIO, as áreas que atualmente são ocupadas por Mata Nativa correspondiam a Macega e Pastagem, isso demonstrou que com a criação da reserva ocorreu a conservação e, conseqüentemente, o processo de regeneração da vegetação, sobretudo, tratando-se de espécies típicas da Mata Atlântica.

As mudanças que aconteceram na bacia quanto ao uso e cobertura da terra foram analisadas com auxílio de fotografias e imagens aéreas, utilizadas para classificar e validação em campo. A classe de Mata Nativa apresentou um aumento de 1970 para 2008 de 13,88%, e em relação a 2012 esse crescimento foi de 14,16%. As transformações estiveram atreladas a redução na classe de Macega, que em 1970 correspondia a 24,10%, em 2008 esse valor representava 2,95%, com uma redução equivalente a 21,15%. Já em 2012 esse percentual foi 2,19%, representando, com relação a 1970, uma diminuição de 21,91%.

As áreas com presença de Mata Nativa atuam como fator de proteção contra os impactos das gotas de chuva (*efeito splash*) no solo, assim, evitando grande parte do escoamento superficial (*runoff*), e conseqüentemente da erosão. Mas mesmo com a proteção da floresta, a declividade acentuada e os solos suscetíveis contribuem para potencializar a paisagem à vulnerabilidade erosiva, que nessa porção da área foi de média e alta.

Outra classe que apresentou aumento foi a de Pastagem, principalmente nas áreas antes ocupadas por Macega, sendo que, no interior da REBIO, houve redução dando lugar à Mata Nativa. Em 1970 o percentual de Pastagem era de 22,99%, já em 2008

de 31,83%, conferindo um aumento em relação a 1970 de 8,84%, e em 2012 correspondeu a 31,51%, evidenciando um aumento de 8,52%, no comparativo com 1970, e de 2008 para 2012 ocorreu uma diminuição de 0,32%. Essa classe está associada ao LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, ARGISSOLOS e GLEISSOLOS, em declividade que varia de 6 a 12%, 12 a 20% e de 20 a 30%, conferindo vulnerabilidade com as classes de muito baixa, baixa e média, especificamente a jusante da bacia.

No entanto, a classe de cultivo agrícola de Banana se destacou significativamente na área, principalmente na porção central, estando em relevo forte ondulado e montanhoso, com intervalos de declividade variando entre 30 a 45% e 45 a 60%, tendo como cobertura pedológica os CAMBISSOLOS HÁPLICOS, tratando-se de solos rasos e bastante suscetíveis a erosão. Desse modo, sendo evidenciadas as classes de vulnerabilidade média e alta, a porção central sobretudo, foi um segmento que apresentou vulnerabilidade média e alta em todos os anos estudados.

Já no que concerne as áreas Edificadas, de 1970 até 2012 não se verificou um crescimento muito significativo, até porque como grande parte da bacia encontra-se na zona rural dos municípios de Santa Leopoldina e Cariacica, mesmo este último fazendo parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), as edificações existentes correspondem a casas das propriedades rurais, com exceção de uma pequena fração urbanizada de Cariacica sede.

Verificou-se também que os índices pluviométricos dos anos supracitados, agindo em conjunto com as variáveis declividade, solos e uso e cobertura da terra, atuaram como fator de impacto para a determinação da vulnerabilidade erosiva; com isso, o ano de 2012 apresentou os menores valores de precipitação, fato que contribuiu para uma menor predisposição da área aos processos erosivos, bem como a vulnerabilidade.

Em 2008 a precipitação ficou muito próxima da normal climatológica, que corresponde a pluviosidade da série histórica de 1983 a 2013. Portanto, considerando que o ano 2013 obteve os maiores valores de precipitação, caracterizou-se como um ano atípico, com quantidades de chuva acima do esperado para o ano, e com precipitação bem maior que os demais anos em questão.

Nesse sentido, a modelagem em *SIG* das variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade resultou em mapas temáticos da vulnerabilidade erosiva, sendo constatado que as classes de vulnerabilidade média e alta predominaram nas porções central e montante, em função do relevo fortemente dissecado com declividades elevadas, dos solos suscetíveis a erosão como os CAMBISSOLOS HÁBLICOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, além das classes de uso e cobertura da terra e das precipitações superiores aos 1000mm, com exceção do ano de 2012.

Por outro lado, algumas porções da bacia que deveriam apresentar vulnerabilidade muito baixa e baixa, como as planícies fluviais, por encontrarem-se em terrenos com declividade entre 6 a 20%, e com presença de solos pouco suscetíveis aos processos erosivos como os GLEISSOLOS, tiveram um comportamento inverso, com vulnerabilidade média e alta em função, principalmente, do uso e cobertura da terra com predominância das classes pastagem e brejo e das elevadas precipitações totais anuais.

Um diferencial nesse estudo foi o fato da modelagem ser realizada de forma temporal, comparando quatro períodos (anos) diferentes (1970, 2008, 2012 e 2013) e numa mesma bacia. Na maioria dos trabalhos pesquisados, verificou-se que os estudos com essa temática são realizados comparando dois cenários para o mesmo ano, ou analisando um cenário comparando dois momentos diferentes (anos), não sendo feitas análises de caráter série temporal.

A análise empírica integrada da vulnerabilidade erosiva do meio ambiente físico e antropizado é um instrumento essencial para a gestão e planejamento ambiental a nível de bacia hidrográfica, dando respaldo nas práticas adequadas de manejo e conservação das terras agricultáveis. Sendo assim, considera-se, portanto, necessária a adoção de medidas que visem o conhecimento básico, integrado e sistêmico dos elementos naturais e humanos que compõem a paisagem no recorte espacial estudado.

O estudo da análise integrada da paisagem mostrou-se como uma importante metodologia para determinar as áreas vulneráveis aos processos erosivos, possibilitando, assim, subsidiar ações de planejamento e gestão da bacia. Mas apesar

do modelo apresentar tal possibilidade, necessita de variáveis mais eficientes, em escala espacial de detalhe, assim possibilitando a obtenção resultados mais satisfatórios e precisos da realidade encontrada na paisagem.

REFERÊNCIAS

AB´SÁBER, A. N. Bases Conceptuais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. In: AB´SÁBER, A. N, MÜLLER-PLANTENBERG, C (Org.). **Previsão de Impactos: O Estudo de Impactos do Leste, Oeste e Sul. Experiência no Brasil, Na Rússia e na Alemanha.** 2ª Ed. 2ª Reimpressão. Editora da Universidade de São Paulo – Edusp, São Paulo, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA:
https://www.google.com.br/search?q=www.ana.gov.br+imagem+de+bacia&biw=1366&bih=599&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI29aUya6byAIVQQ2QCh3ENA6u&dpr=1#imgsrc=vCCa-36BgaDY-M%3A Acessado em 29/09/2015.

ALVES, H. P. F; MELLO, A. Y. I; D'ANTONA, A. O; Carmo, R L. **Vulnerabilidade Socioambiental nos Municípios do Litoral Paulista no Contexto das Mudanças Climáticas.** Anais do XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, realizado em Caxambu- MG – Brasil, 2010.

AMARAL, R; Ross, J. L. S. **As Unidades Ecodinâmicas na Análise da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e Entorno, Teodoro Sampaio/SP.** GEOUSP - Espaço e Tempo, nº 26, São Paulo, 2009.

AMORIM, R. C. F. et al. **Avaliação do Desempenho de dois Métodos de Espacialização da Precipitação Pluvial para o Estado de Alagoas.** Acta Scientiarum - Technology, v. 30, n. 1, 2008. p.87-91.

BARROSO, G. F.; Marchioro, E. **Estudos de Parâmetros Morfométricos e Sólidos em Suspensão em Bacias Hidrográficas como Subsídios ao Manejo Ambiental: estudo de caso das sub-bacias do rio Duas Bocas (ES).** In: VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Uso Múltiplo do Recurso Natural, 1999. Vol. 01. Belo Horizonte, 1999. p. 40-41.

BASTOS, K. V; LÓPEZ, J. F. B; Marchioro, E; GONÇALVES, A. O. **Ritmo Pluviométrico da Bacia do Rio Duas Bocas (ES)**. I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias – SASGEO. Uberaba – MG, 2015.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7ª Ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355 p.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico**. Cadernos de Ciência da Terra 13, IGEOG/USP, São Paulo, 1971.

BERTRAND, G; BERTRAND, C. **Uma Geografia Transversal e de Travessias: o Meio Ambiente Através dos Territórios e das Temporalidades**. Ed. Massoni, Maringá, 2007.p. 332.

BONI, R. L. Histórico da Reserva Biológica. In: MERÇON, L; PEREIRA, O; THOMAZ, L. **Últimos Refúgios: Reserva Biológica de Duas Bocas**. Série – Áreas Protegidas. Vol. 1. 1ª Edição, Associação Últimos Refúgios. Vitória-ES, 2012.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. (Org). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Bertrand Brasil Rio de Janeiro, 2014. p. 153-192.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento dos Recursos Naturais, Vol. 32, Folha SF. 23/24 – Rio de Janeiro/Vitória Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. DNPM. Rio de Janeiro, 1974.

CAP-NET / UNDP - Capacity Development in Sustainable Water Management. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos para Organizações de Bacias Hidrográficas**. Manual de Treino, 2008.

CARMO, J. P. A; SOUZA, G. F; POLIDERO, M; LOLLO, J. A. **Análise da Fragilidade Ambiental em Áreas Urbanas. O caso do município de Londrina – PR**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. INPE. Curitiba, 2011. p.0855.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. Contexto 2. ed. São Paulo, 1995.

CASTRO S. D. A. **Riesgos y Peligros: Una Visión desde la Geografía**, Revista Eletrónica de Geografía y Ciencias Sociales: Barcelona, 2000.

CATELLANI, Rodrigo. **Utilização de Técnicas em Sistemas de Informações Geográficas para a determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental da região do Campo Petrolífero do Canto do Amaro na Bacia Potiguar/RN**. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, UFRN, Natal, 2004.

CHAMBERS, R. **Vulnerability, Coping and Policy**. IDS Bulletin, v. 20, n. 2, 1989.

CHILDS, C. **Interpolating Surfaces** In: ArcGIS Spatial Analyst. ArcUse, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLRTTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª Ed. Editora: Edgard Blücher, São Paulo, 1999.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil. 7ª ed. Rio de Janeiro, 2007. Cap. 3, p. 149-209.

COGO. N. P.; DENARDIN, J. E.; BERTOL, I. & KOCHHANN, R. A. **Retomada, Redefinição e Intensidade da Pesquisa em Erosão do Solo no Brasil**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: manejo integrado a ciência do solo na produção de alimentos, 15. Santa Maria - RS. UFSM, 2004. p.1-18.

CORREA, W. S. C. **Campo Térmico E Higrométrico da Regional Praia do Canto no Município de Vitória (ES)**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

COSTA, C. D. O; TEMÓTEO, A. S; ZIMBACK, C. R. L. **Caracterização de uma Bacia Hidrográfica quanto a Suscetibilidade a Erosão, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. INPE, Natal, Brasil, 2009.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**, São José dos Campos, 2001.

CREPANI, E; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; FILHO, H. P.; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**, São José dos Campos 1996.

CRUZ, L. M; JÚNIOR, J. F. P; RODRIGUES, S. C. **Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG**. Revista Brasileira de Cartografia nº 62/03, (ISSN 0560-4613), 2010.

CUNHA, S. B da. Morfologia dos Canais Urbanos. In: POLETO, C (Org.). **Ambiente e Sedimento**. ABRH. Porto Alegre, 2008, Cap.9, 404p.

CUTTER S.L. (Org.) **Environmental Risks and Hazards**. London: Prentice-Hall, 1994.

CUTTER, Susan. “**Vulnerability in Environmental Hazards**”, Progress in Human Geography, 20(4), 1996. p.529-539.

DELAZARI-BARROSO, A; BARROSO, G. F; HUSZAR, V. L. M; AZEVEDO, S. M. F. O. **Physical Regimes and Nutrient Limitation Affecting Phytoplankton Growth in a Meso-Eutrophic Water Supply Reservoir in Southeastern Brazil**. Lakes & Reservoirs: Research and Management. V. 14, 2009 p. 269–278.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle de Erosão no Paraná: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo Conservacionistas do solo**. Eschborn, Alemanha: IAPAR/GTZ, 1991. p.272.

DESCHAMPS, M. **Estudo sobre a Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**, caderno metrópole 19, p. 191-219, 2008.

DOLFUSS, O. **A Análise Geográfica**. Difusão Europeia do Livro. Coleção “Saber Atual”, São Paulo, 1973.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. **Determinação da Fragilidade Ambiental utilizando Técnicas de Suporte à Decisão e SIG**. In.: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 10, n. 1, Campina Grande, UFCG, 2006.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. Editora Bertrand Brasil, 2ª ed., Rio de Janeiro, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **EMBRAPA**. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 388 p.

ENVIRONMENT AGENCY. **Agriculture And Natural Resources: benefits, costs and potential solutions**. Bristol, 2002.

ESRI – Environmental Systems Research Institute, Inc., 2012, **User Manual – Help Online, version 10.1**. Disponível em: <http://www.esri.com> Acesso em: 20 de Outubro de 2015.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCÍAS, C. M.; ZENY, A. S. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1997. 396p.

FERREIRA, V. O. **A Abordagem da Paisagem no Âmbito dos Estudos Ambientais Integrados**. GeoTextos, vol. 6, n. 2, 2010.

FILHO, G.S de A. Processos Erosivos Urbanos. In: POLETO, C (Org.). **Ambiente e Sedimento**. ABRH. Porto Alegre, 2008, Cap.2, 404p.

FILHO, J. E. A; SCHULZ, H. E; SOLLA, M. R. Modelagem Matemática do Transporte de Sedimentos em Canais. In: POLETO, C (Org.). **Ambiente e Sedimento**. Porto Alegre: ABRH, 2008, Cap.3, 404p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. Editora: Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

FOSTER, G. R.; JOHNSON, C. B.; MOLDENHAUER, W. C. **Hydraulics of Failure of Unanchored Cornstalk and Wheat Straw Mulches for Erosion Control**. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., Vol. 25, 1982. p. 940-947.

FURRIER, M; ARAÚJO, M. E; MENESES, L. F. **Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba**. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 2, 2006 p. 61-70.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente – SEAMA. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas – ITCF/ **PLANAVE S.A.** Estudos e Projetos de Engenharia **Plano de Manejo da Reserva**

Biológica de Duas Bocas Estado do Espírito Santo. RELATÓRIO FINAL. Volume I.1996.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO/INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Elaboração da Política de Desenvolvimento Urbano para o Município de Cariacica. Estudo Básico do Meio Ambiente.** Componente C. 40, vol. I, Versão Final, 1983.

GUERRA, A. J. T. **Avaliação da Influência das Propriedades do Solo na Erosão com base em Experimentos utilizando um Simulador de Chuva.** Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada, Porto Alegre, 1991, p. 260-266.

GUERRA, A. J. T. e BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: Cunha, S. B. e Guerra, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil.** Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos** – 7ª ed. – Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 2007. Cap. 4, p. 149-209.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. Degradação Ambiental. In: Guerra, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A. J. T; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos Solos e a Questão Ambiental.** In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J.T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Ed. 7ª Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. Cap. 8. p. 282.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico.** 9ª Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2011, p.648.

GUERRA, J. T.; SILVA, A. S. DA & BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm#1> Acesso em: 11 de novembro de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2ª Edição, nº 7, Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Orientações para o Combate à Erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe – Paranapanema**. São Paulo. 6 V. (IPT. Relatório, 24 739). (CP; ME), 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo** - Síntese. São Paulo: IPT, Relatório 36071, 1997.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – IEMA. **Projeto Corredores Ecológicos: Síntese do processo de definição e planejamento dos corredores ecológicos no Espírito Santo**. Cariacica, 2006.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito**. 19 f. Nota técnica 28 Vitória, ES, 2012.

JACOB, A. M; FRACALANZA, A. P. **Vulnerabilidade Socioambiental na Cidade de São Paulo. Análise de Indicadores de Desenvolvimento na Questão da Água no Reservatório Billings (São Paulo – Brasil)**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, Brasil, 2011.

JACOMINE, P. K. T. **A Nova Classificação Brasileira de Solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

KASPERSON, J.; KASPERSON, R. **International Workshop on Vulnerability and Global Environmental Change**. Stockholm: SEI, 2001.

KAWAKUBO, F. S; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. **Caracterização Empírica da Fragilidade Ambiental Utilizando Geoprocessamento**. In.: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE. p. 2203. Goiânia, Brasil, 16-21 abril, 2005.

LAL, R. **Erodibility and Erosivity**. In: LAL, R. (Ed.). Soil erosion research methods. Ankeny: Soil and Water Conservation Society. 1988. p.141-160.

LANNA, A. E. **Gestão dos Recursos Hídricos no Contexto das Políticas Ambientais**. Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos Desafios da Lei de Águas, Parte 2, 1997.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIBAULT, A. **Os Quatro Níveis da Pesquisa em Geografia**. In: Métodos em Questão. IGEOG/USP, São Paulo, 1971.

MAGRATH, W.B; ARENS, P. **The cost of soil erosion on Java: a natural resource accounting approach**. Environment Department Working Paper 18. World Bank Policy Planning and Research Staff, World Bank, Washington, DC, 1989.

MARANDOLA JR. E; HOGAN D. J. **Natural Hazard: O Estudo Geográfico dos riscos e perigos**, Ambiente & sociedade – Vol. VII nº 2, 2004.

MARCHIORO, E. **A Incidência de Frentes Frias no Município de Vitória (ES)**. Revista ACTA Geográfica, p. 49–60, 2012.

MARCHIORO, E. **Avaliação de sólidos Transportados, Parâmetros da Morfometria e Solos de Seções Fluviais do Córrego Naiacú (Reserva Biológica de Duas Bocas - ES)**. 1996. 53 f. Monografia (graduação em Geografia) -Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 1996.

MARTINELLI, M; PEDROTTI, F. **A Cartografia das Unidades de Paisagem: Questões Metodológicas**. Revista do Departamento de Geografia - USP, v. 14, São Paulo, 2001.

MASSA, E. M; ROSS, J. L. S. **Aplicação de um Modelo de Fragilidade Ambiental Relevo-Solo na Serra da Cantareira, Bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP**. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 24, 2012, p. 57-79.

MEIRELLES, M. S. P; MOREIRA, F. R; CÂMARA, G; NETTO, A. L. C; CARNEIRO, T. A. A. Métodos de Interferência Geográfica: Aplicação no Planejamento Regional, na Avaliação Ambiental e na Pesquisa Mineral. In: MEIRELLES, M. S. P; CÂMARA, G; ALMEIDA, C. M (Org.). **Geomática Modelos e Aplicações Ambientais**. Embrapa Informações Tecnológicas, Brasília – DF, 2007.

MELLO, C. R; SILVA, A. M. **Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. p. 455.

MENDONÇA, F. **Geografia Física: Ciências Humanas**. Editora Contexto, Ed. 4ª. São Paulo, 1996.

MESSIAS, C.G; FERREIRA, M. F.M; RIBEIRO, M. B. P; MENEZES, M. D. **Análise Empírica de Fragilidade Ambiental Utilizando Técnicas de Geoprocessamento: o Caso da Área de Influência da Hidrelétrica do Funil – MG.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.112 – 125, 2012.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation.** National Soil Resources Institute, Cranfield University. Ed. 3, Third Edition, 2005.

MOSER, C. **The Asset Vulnerability Framework: reassessing urban poverty reduction strategies.** World Development, New York, v.26, n. 1, 1998.

MOURA, S. R. F; GRIGIO, A. M; DIODATO, M. A. **Mapeamento e Análise da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Mossoró.** Seminário Nacional de Governança Urbana e Desenvolvimento Metropolitano. Natal – RN, Brasil, 2010.

NETO, J. C. A. S. **Avaliação da Vulnerabilidade à Perda de Solos na Bacia do Rio Salobra, MS, com base nas Formas do Terreno.** Revista Geografia, v. 22, n. 1. Londrina, 2013. p. 05-25.

NOVELLI, F. Z. **A Reserva Biológica de Duas Bocas e seus Vínculos à História da Conservação no Espírito Santo.** Revista Natureza Online. Publicado pela ESFA [on line] <http://www.naturezaonline.com.br>. ISSN 1806–7409, 2010.

NOVELLI, F. Z. **As Áreas de Preservação Permanente como Evidências de Conectividade no Corredor Ecológico Duas Bocas - Mestre Álvaro.** 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Ambientes Fluviais.** In: FLORENZANO, T. G. (Org). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 8.

OLIVEIRA, P. C. A; RODRIGUES, G. S. S. C; RODRIGUES, S. C. **Fragilidade Ambiental e Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil.** Revista Ambiente e Água. An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 3 n. 1. 2008.

OLIVEIRA, T. A; RIEDEL, P. S. **Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica Aplicados à Organização e Sistematização de Atividades Envolvidas na Compartimentação de Terrenos**. Revista Geonorte, Edição Especial, V. 1, N. 4, p. 69-77, 2012.

PALMIERI, F; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil, 4ª Ed. Rio de Janeiro, Cap. 2, 2003.

PANTELIC, J.; SRDANOVIC, B.; GREENE, M. **Postmodern Urbanization and the Vulnerability of the Poor. Third Urban Research Symposium: “Land Development, Urban Policy and Poverty RedUction”**, The World Bank and IPEA. Brasília, DF, Brazil. April 4-6, 2005.

PERRONE, A. **Estudos Preliminares sobre a Carga de Sólidos Transportados, Parâmetros Morfométricos e Pluviométricos da Bacia do Córrego Pau Amarelo – Reserva Biológica de Duas Bocas – ES**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1995.

PIMENTAL, D; ALLEN, J; BEERS, A; GUINAND, L; HAWKINS, A; LINDER, R., MCLAUGHLIN, P; MEER, B; MUSONDA, D; PERDUE, D; POISSON, S; SALAZAR, R; SIEBERT, S; STONER, K. Soil Erosion and Agricultural ProdUctivity. In PIMENTAL, D. (ed.), **World Soil Erosion and Conservation**. Cambridge University Press, Cambridge, 1993. p. 277–92.

PINTO, S. A. F; GARCIA, G. J. **Experiências de Aplicação de Geotecnologias e Modelos na Análise de Bacias Hidrográficas**. Revista do Departamento de Geografia, V. 17 2005.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, CASA CIVIL: Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Novo Código Florestal**. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

QUEIROGA, Gláucia Nascimento; SOARES, Antônio Carlos Pedrosa; JÚNIOR, Jorge Geraldo Roncato; DIAS, Paulo Henrique Amorim, GUIMARÃES, Henrique Alvim; COUTINHO, Mariana Oliveira Gondin; FREITAS, Natália Cota de; GRADIM, Camila Tavares; BRAGA, Flávia Cristina Silveira; NOVO, Tiago Amâncio. **Geologia e recursos minerais da folha Nova Venécia SE.24-Y-B-IV, estado do Espírito Santo**,

escala 1:100.000. Gláucia Nascimento Queiroga... [et al.]; organizador Luiz Carlos da Silva. – Belo Horizonte: CPRM, 2012.

RADAMBRASIL. **Projeto Radam Brasil.** Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória.V 32. Rio de Janeiro, 1983.

ROCHA, A. S; CUNHA, J. E; MARTINS, V. M. **Mapeamento das Fragilidades Potencial e Emergente da Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon – Paraná.** Revista Perspectiva Geográfica. UNIOESTE. V. 8. N 9, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: Uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental.** Ed. 2ª Editora: UFC, Fortaleza, 2007.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia** nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

ROSS, J. L. S; PRETTE, M. E. D. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental.** Revista do Departamento de Geografia, N.12, 1998, p. 89-121.

SANTORO, J. **Análise da Ocorrência de Processos Erosivos no Município de Campinas (SP), a partir da Interação entre a Suscetibilidade Natural à Erosão Hídrica e o Uso e Ocupação do Solo. Rio Claro – SP.** (Tese de Doutorado). IGCE-UNESP-Campus, 2000.

SANTORO, J. Erosão Continental. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs). **Desastres Naturais: conhecer e prevenir.** 2ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

SANTORO, J. **Fenômenos Erosivos Acelerados na Região de São Pedro – SP. Estudo da Fenomenologia com Ênfase Geotécnica. Rio Claro – SP** (Dissertação de Mestrado). IGCEUNESP- Campus de Rio Claro. 140 p.il, 1991.

SANTOS, C. A; SOBREIRA, F. G. **Análise da Fragilidade e Vulnerabilidade Natural dos Terrenos aos Processos Erosivos como base para o Ordenamento Territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na Região do Alto Rio das Velhas-MG.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 9, nº 1 2008.

SANTOS, E. O; SANTOS, J.R. U; OLIVEIRA, T. A. B. **Determinação da Fragilidade Potencial e Emergente dos Ambientes Antropizados do Município de Maceió, Alagoas - Brasil.** 3º GeoAlagoas. Simpósio sobre Geotecnologias e Geoinformação do Estado de Alagoas, Maceió, 2015.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática.** Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2004.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; PEDROSA, E. M. R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semi-árido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 217-225, 2009.

SAUER, C. O. A Morfologia da Paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). **Paisagem, Tempo e Cultura.** Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** Ed. 2ª Ed. Rima, São Carlos - SP, 2007. 158p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. Redução do desprendimento das partículas do solo mediante uso de resíduos vegetais de origem urbana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 531-534, 2002.

SILVA, G. A; COSTA, R. A. **Paisagem e Fragilidade Ambiental Natural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, Ituiutaba/Prata – MG.** Caminhos de Geografia Uberlândia v. 12, n. 39. p. 151 – 166, 2011

SILVA, M. L. N; CURI, N; LIMA, J. M; FERREIRA, M. M. **Avaliação de Métodos Indiretos de Determinação da Erodibilidade de Latossolos Brasileiros.** Pesquisa agropecuária brasileira, v.35, n.6, 2000. p.1207-1220.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e Bacias Hidrográficas**. In: TUCCI, C. E. M (Org.) Hidrologia: Ciência e Aplicações. Ed. 4. 4ª reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012.

SILVEIRA, A.; CUNHA, C. M. L. da. **Análise Empírica de Fragilidade Ambiental em Área de Expansão Urbana: o Caso do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP)**. In.: Geografia, v. 35, nº 3. UNESP, Set. a Dez. p. 553. Rio Claro, 2010.

SISTEMA Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. 5. Ed. aum. Brasília, MMA/SBF, 2004. 56p.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas**. In: Métodos em Questão. Vol. 16, IGEOG/USP, São Paulo, 1976.

SOUZA, V. de; GASPARETTO, N. V. L. **Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (eups) na Bacia do Córrego Pinhalzinho Segundo, Noroeste do Paraná**. In Revista Brasileira de Geomorfologia. V. 13, nº 3, p. 267-278, Julho/Setembro de 2012.

SPÖRL, C. **Metodologia para a Elaboração de Modelos de Fragilidade Ambiental Utilizando Redes Neurais**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia (Tese de Doutorado), São Paulo, 2007.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos**. In: GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

TAGLIANI, C. R. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações**. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, **Anais**. p. 1657-1664, 2003

TOMINAGA, L. K. **Análise e Mapeamento de Risco** In: TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. 2ª Ed. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.

TRICART, J. – **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977. 97p.

TROLL, Carl. **A Paisagem Geográfica e sua Investigação**. Espaço e Cultura, nº 4, junho, 1997.

TROPMAIR, H; GALINA, M. H. **Geossistemas**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.

ULIANA, E. M.; SILVA, J. G. F; PIMASSONI, L. H. S. **Probabilidade de Ocorrência de Chuva no Estado do Espírito Santo**. Anais do IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola – CLIA e Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Vitória, 2010.

URI, N. D; LEWIS, J. A. **The Dynamics of Soil Erosion in US Agriculture**. Science of the Total Environment, 1998. p. 218: 45–58.

VALE JÚNIOR, J. F; BARROS, L. S; SOUSA, M. I. L; UCHÔA, S. C. P. **Erodibilidade e Suscetibilidade à Erosão dos Solos de Cerrado com Plantio de *Acacia mangium* em Roraima**. Revista Agro@mbiente. On-line, v. 3, n. 1. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista - RR, 2009.p. 1-8.

VASQUEZ, B. A. F. Recuperação de Áreas Degradadas. In: POLETO, C. (Org.). **Introdução ao Gerenciamento Ambiental**. Ed 1ª. Rio de Janeiro, Interciência Ltda, 2010. Cap.6, p. 183-237.

VEYRET, Y. **Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente** - São Paulo: Contexto. 1ª Edição, 1ª Reimpressão, 2007. 320 p.

VITTE, A. C; MELLO, J. P. **Determinação da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Verde, Região Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil**. Revista Territorium v.16. RISCOS. Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2008.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. **Erosão Hídrica Influenciada por Condições Físicas de Superfície e Subsuperfície do Solo Resultantes do seu Manejo, na Ausência de Cobertura Vegetal**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol. 28, 2004.p. 763-774.

YOUNG, R. A; ONSTAD, C. A; BOSCH, D. D; ANDERSON, W. P. AGNPS. **A Nonpoint-Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds.**

Journal of Soil and Water Conservation, 1989. p. 44: 168–73.